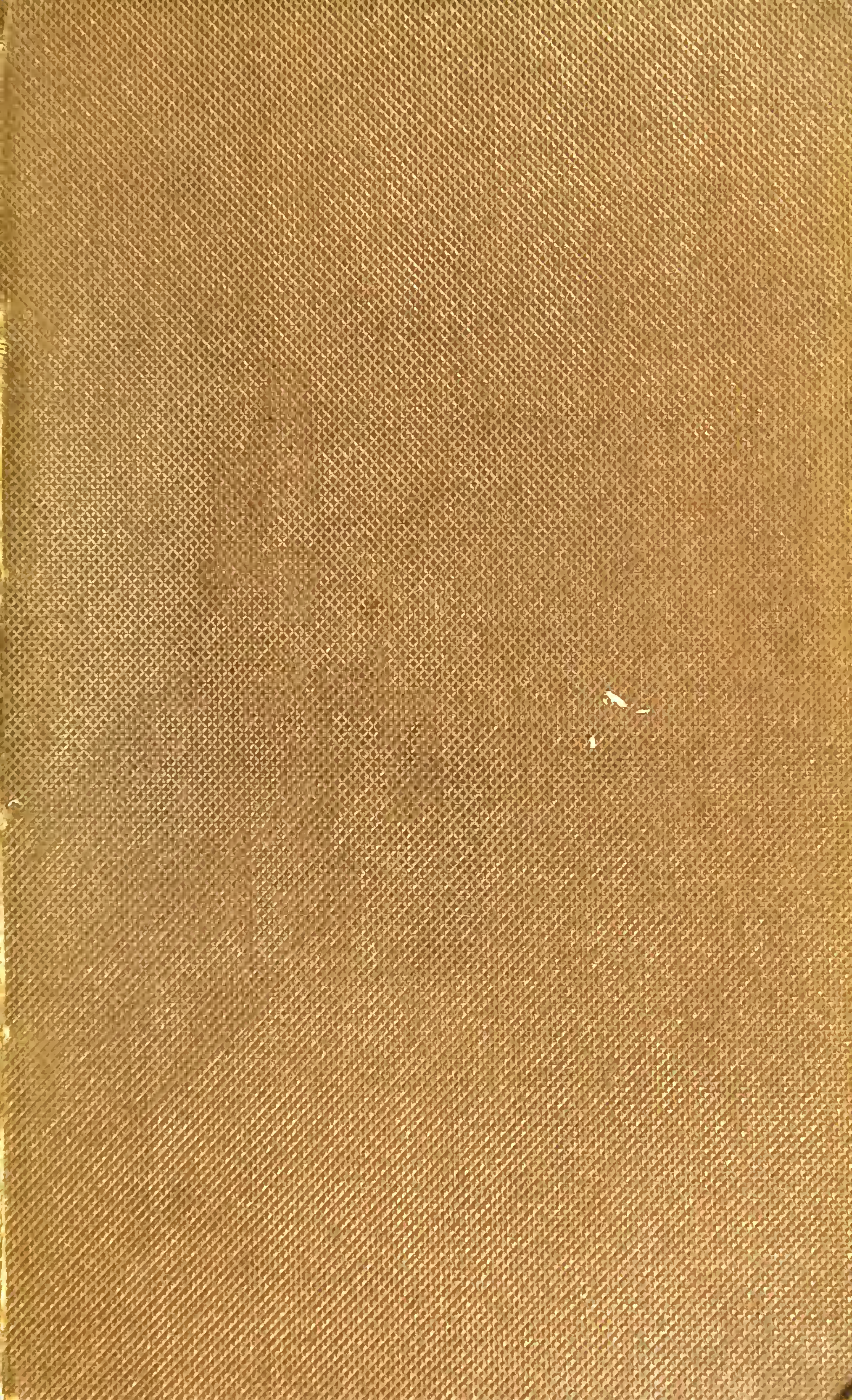




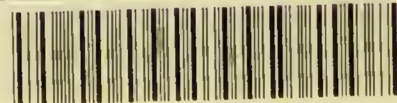
LEEDS UNIVERSITY LIBRARY

Classmark:

Special Collections

Medicine

BUR



30106016205089

B 15

The University Library
Leeds



Medical and Dental
Library

TRAITÉ

DE

PHYSIOLOGIE.

TOME VI.

PARIS. — IMPRIMERIE DE COSSON,
9, rue Saint-Germain-des-Prés.



TRAITÉ

DE

PHYSIOLOGIE

CONSIDÉRÉE

COMME SCIENCE D'OBSERVATION,

PAR C. F. BURDACH,

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE KŒNIGSBERG,

avec des additions de MM. les professeurs

BAER, MEYEN, MEYER, J. MULLER, RATHKE, VALENTIN, WAGNER,

Traduit de l'allemand, sur la deuxième édition,

PAR A. J. L. JOURDAN,

MEMBRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DE MÉDECINE.

TOME SIXIÈME.



PARIS,

CHEZ J.-B. BAILLIÈRE,

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DE MÉDECINE,

RUE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 13 *bis*.

A LONDRES, MÊME MAISON, 219, REGENT-STREET.

1837.



UNIVERSITY OF LEEDS
MEDICAL LIBRARY.

602683

DE LA PHYSIOLOGIE

CONSIDÉRÉE

COMME SCIENCE D'OBSERVATION.

DE LA VIE EN EXERCICE.

§ 658. En exposant l'histoire de la vie, nous avons appris à la connaître pour une série non interrompue de changemens. Maintenant il s'agit d'étudier le *substratum* permanent de ces métamorphoses, et de fixer nos regards sur la vie, telle que, une fois donnée, elle agit et subsiste. Mais, sous le point de vue des sciences d'observation où nous avons voulu placer la physiologie, il n'est possible d'arriver à ce résultat qu'en prenant pour départ la considération des différentes manifestations de la vie, et pour classer ces dernières d'une manière naturelle, c'est-à-dire dans un ordre fondé sur l'expérience et conçu d'après des idées déterminées, il faut commencer par établir une division générale des phénomènes de la vie.

1° Le premier coup d'œil que nous jetons sur nous-mêmes nous apprend que notre vie a deux faces différentes. D'un côté, nous trouvons *en nous* des idées, des connaissances, des sentimens, des désirs, en un mot toute une série d'activités pures, qui se révèlent à nous-mêmes dans la conscience immédiatement, sans se manifester comme phénomènes extérieurs, appréciables à l'œil d'autrui, et auxquelles notre volonté imprime la direction sans concours d'aucun intermédiaire non plus. D'un autre côté, nous apercevons *sur nous* des activités vitales, qui s'exercent dans une absolue indé-

pendance de notre volonté, qui ne peuvent point être déterminées par elle, dont nous n'avons même pas la conscience, et dont il n'y a que les effets qui soient susceptibles de tomber sous les sens, de sorte que nous les distinguons mieux chez d'autres que chez nous-mêmes. Ici la vie consiste en un conflit des différentes parties et substances du corps les unes avec les autres et avec les objets du dehors, qui fait que l'organisme apparaît immédiatement comme chose subsistante dans le monde extérieur; là c'est un conflit de forces intérieures les unes avec les autres et avec les forces de l'univers, qui fait que nous subsistons comme unité dans notre propre intérieur. Cet antagonisme est déjà exprimé, dès les premiers momens de la vie embryonnaire, par la scission de la membrane proligère en deux feuillets (§ 417, 8°), dont le développement produit les deux systèmes organiques assignés aux deux directions de la vie. Mais le règne organique nous offre, d'un côté, des êtres dont la vie tend uniquement à la permanence extérieure, les végétaux; d'un autre côté, des êtres dont les manifestations annoncent la concentration à l'intérieur et l'unité de la vie, les animaux et l'homme. De là nous donnons aux deux directions de la vie qui sont réunies en nous les épithètes de *végétative* et d'*animale* (*ad animam pertinens*), ou d'inanimée et d'animée. On pourrait aussi les appeler *vie extérieure* et *vie intérieure*, si les idées d'intérieur et d'extérieur n'étaient relatives et par cela même susceptibles de donner lieu à de fausses interprétations. Il ne serait pas convenable d'employer l'épithète de *plastique* pour désigner la vie inanimée; car, bien qu'elle ait pour tendance principale de faire naître des productions matérielles, elle embrasse cependant aussi des phénomènes dynamiques, tels que la production de chaleur et d'électricité. En l'appelant *automatique*, on ne fait que se conformer à l'usage vulgaire, puisque le nom d'automate ne s'applique précisément qu'à ce qui n'a que l'apparence de la vie automatique, c'est-à-dire de l'être agissant d'après une impulsion propre. Mais, de toutes les dénominations, la plus inconvenante pour désigner la vie animée, est celle de *vie des relations extérieures*, puisque le conflit avec les choses du dehors appartient aux deux directions

de la vie, et que c'est précisément dans la sphère morale qu'il est, proportion gardée, le moins essentiel.

2° Nous montrerons plus tard qu'il n'y a pas de différence absolue entre l'inanimé et l'animé, et que tous deux sont simplement des formes d'une seule et même vie. L'antagonisme qui existe entre eux ne peut donc point être un abîme, une séparation absolue. Chacune de ces deux directions de la vie ne se manifeste dans toute sa pureté que là où elle est concentrée en un seul foyer; car, sur les limites de l'organisme et dans le conflit avec les objets du dehors, ce que chacune d'elles a de particulier est restreint par l'influence de l'autre direction. Il y a donc, outre le centre de chaque sphère, une périphérie, qui sert d'intermédiaire pour éteindre en quelque sorte l'antagonisme intérieur, sans que pour cela elle abjure le caractère de sa sphère spéciale; et comme il ne peut point y avoir de centre sans périphérie, comme la vie propre ne peut s'exercer et se maintenir que par le conflit avec les choses extérieures, ces intermédiaires, quoique subordonnés, n'en sont cependant pas moins essentiels. Ainsi le dehors ou l'échafaudage de l'âme est contenu dans son support, mais principalement dans les nerfs des sens et des muscles, de sorte qu'il se mêle toujours à l'activité animale quelque chose à quoi ne prennent part ni la conscience ni la volonté. De même, la vie morale pénètre dans la vie végétative, là où celle-ci entre en conflit avec le monde extérieur, puisque le commencement et la fin des opérations matérielles de la vie, l'ingestion et l'éjection, sont accompagnés de sentiment et de volonté. Cette séparation de chaque sphère s'annonce, dans la formation organique, dès les premiers rudimens de l'embryon, puisque le feuillet séreux se développe en une partie centrale et une autre périphérique (§§ 419, 425), puisque le feuillet interne de la membrane proligère se partage en feuillet vasculaire (§ 440) et feuillet muqueux (§ 436).

3° Le côté animal est le noyau proprement dit de la vie; mais il ne peut entrer en action et arriver à son plein développement qu'à la condition de pousser des racines dans le monde extérieur et d'y prendre un point d'appui par le moyen de la vie végétative. Ainsi les organes de la vie animale sont

les premières parties qui se forment dans l'embryon (§ 418); mais ce n'est que quand la formation matérielle a fait plus de progrès encore, qu'on voit paraître le sentiment et le mouvement volontaire (§ 472). Tandis que la plante porte en elle, non développé, le germe de la vie animale (§ 475), qui ne se trahit que par quelques tressaillemens momentanés (§§ 239, 596), et qui demeure renfermé dans les bornes d'une activité dépourvue de sentiment et de volonté, la vie mûrit de tous côtés dans le règne animal, et y réalise sa cause, sans cependant que le côté végétal cesse d'être la racine en quelque sorte du côté animal; car c'est lui qui est la condition de l'activité morale, sans laquelle il peut bien subsister, mais qui ne saurait arriver sans lui à se manifester. Il entre donc dans le plan de nos études de considérer avant tout la vie végétative, afin d'acquérir une base sur laquelle reposeront les recherches auxquelles nous aurons plus tard à nous livrer touchant la vie animale.

PREMIÈRE PARTIE.

DE LA VIE VÉGÉTATIVE.

§ 659. Un fait isolé ne peut être expliqué que par le tout, mais le tout ne peut être saisi que dans l'idée. Si donc la physiologie était une science complète, elle devrait partir de l'intuition idéale de la totalité de la vie, déduire de ce principe suprême les diverses directions, formes et manifestations de cette vie, et descendre ainsi pas à pas du général au particulier. Mais l'esprit du traité que nous écrivons est de représenter la science comme un édifice en construction, et non comme une œuvre achevée, de conduire le lecteur aux principes, et non de les lui imposer dogmatiquement, par conséquent de ne rien supposer par avance, et de marcher des faits qui frappent les sens à la réflexion, puis de la réflexion à l'intuition en général. La seule précaution importante, en suivant cette marche, est de mettre chaque chose à la place qui lui convient, et de disposer convenablement les objets à la suite les uns des autres. Nous avons donc à dire un mot de l'ordre qu'il nous a semblé convenable de suivre.

1° Pour s'orienter au milieu de ses domaines, la physiologie a été obligée, pendant son enfance, de se borner à étudier la structure et les usages des organes (*doctrina de usu partium*), mais, dans l'état actuel de la science, il ne convient pas de suivre un ordre topographique, de parcourir les organes l'un après l'autre, ainsi qu'on le fait en anatomie, et à chacun d'eux de considérer comme fonctions qui lui appartiennent les activités vitales qui se manifestent en lui, car c'est là le moyen de se placer tout d'abord sous un faux point de vue. En effet, la physiologie spéciale ne peut avoir d'autre problème que de reconnaître les différentes directions de la vie, et de rapporter à l'unité les manifestations diverses de chacune d'entre elles. Or la diversité de la vie est bien exprimée

dans l'organisation, mais elle n'en dépend pas, puisque, loin de là, elle occupe un rang supérieur et agit comme principe déterminant (§ 474, 5°). Indépendamment de sa relation spéciale avec la vie, chaque organe en a donc encore une générale avec elle, et, de l'autre côté, réunit en lui plusieurs directions différentes. Si, par exemple, nous faisons de l'organe cutané un objet particulier de la physiologie, et si nous considérons la sécrétion de gaz et de sérosité, celle de pigment et de matière sébacée, l'absorption et la nutrition, la conduction de la chaleur et de l'électricité, la sensibilité générale et le sens du palper, comme les fonctions de cet organe, nous sommes obligés, en traitant d'autres organes, de revenir encore sur les mêmes activités. Il est évident qu'une telle méthode de morcellement rend plus difficile de connaître l'essence. La physiologie n'est point une organologie (*anatome viva*), mais une biologie; elle ne doit donc pas s'astreindre à un ordre topographique; il faut qu'elle réunisse, sous un point de vue commun, les manifestations vitales identiques des organes les plus différens, afin de découvrir quel en est le but, et de mener à l'intelligence de la vie par l'observation des diverses formes sous lesquelles elle se manifeste.

2° Les différentes manifestations de la vie empiètent l'une sur l'autre, dans la sphère végétative, et jouent mutuellement le rôle de causes, en sorte que nous ne trouvons nulle part ni point initial qui ne suppose rien d'antérieur, ni point terminal qui marque un véritable but, au-delà duquel il n'y ait plus rien absolument. Elles forment une chaîne circulaire, dont chaque spécialité n'est qu'un chaînon. Si la physiologie ne consistait pour nous qu'à connaître les phénomènes de la vie, peu importerait l'ordre suivant lequel nous l'étudierions; nous pourrions commencer indifféremment partout, et nous avancer de là dans toute direction quelconque; toujours nous arriverions à réunir une collection de notices, constituant le tout. Mais l'ordre ne saurait nous être aussi indifférent quand nous visons à l'unité scientifique; il faut alors, si nous voulons apercevoir le cercle entier, chercher d'abord où se trouve le centre. Or l'expérience seule pourrait nous instruire à cet égard; mais nous n'en sommes point encore assez maîtres pour la

mettre ainsi à profit. Il est donc nécessaire, pour justifier l'ordre adopté dans ce traité, d'essayer de déterminer, d'après les notions les plus générales de la vie, ce que l'on est autorisé à considérer comme le centre de la sphère végétative.

§ 660. 1° Déjà l'histoire de la vie nous a convaincu qu'elle s'accompagne d'une mutation continuelle de la matière, puisque chaque âge nous montre la substance organique revêtue de caractères spéciaux, qui ne se déploient pas à des momens distincts les uns des autres, mais se développent par une progression non interrompue. La vie se manifeste comme conservation individuelle de soi-même par un changement continuel de la matière; l'organisme reçoit des substances du monde extérieur, et y en dépose d'autres; de même chaque partie reçoit d'autres les matériaux qui doivent former sa substance, et restitue ce qui ne peut plus lui être d'aucun usage: Or, s'il y a, dans la chaîne organique, un membre qui attire à lui des substances du dehors et qui en rejette dans le monde extérieur, qui fournisse les matériaux des diverses parties et qui les reçoive d'elles en retour, celui-là doit occuper le centre.

2° Nous avons déjà parlé de la cohésion (§ 259, 4°), comme étant l'énergie avec laquelle la matière maintient la distance de ses parties les unes à l'égard des autres. Déjà aussi nous avons fait remarquer (§ 473, 5°, 474, 1°) qu'à l'état solide, qui constitue le plus haut degré de cette énergie, la matière est limitée d'une manière permanente par elle-même, c'est-à-dire revêtue d'une forme spéciale, et que l'existence paraît alors plus distincte, plus indépendante, tandis que les choses fluides se font remarquer par la plus grande facilité avec laquelle elles reçoivent leurs déterminations du dehors, par l'étendue plus considérable de leur conflit avec le monde extérieur, qui les rend plus mobiles et plus variables, et qu'ainsi la fluidité est la forme générale de la matière, le lien qui unit ensemble les divers corps solides. Or, comme, en prononçant le mot de corps organisé, nous avons toujours présenté à l'esprit l'idée d'un tout qui se sépare des choses étrangères par des limites à lui, et comme aussi nous entendons par vie une existence indépendante, apte à se maintenir elle-même, il n'y a pas moyen de concevoir un organisme fluide, puisque le

fluide est, de son essence, illimité et variable. Un corps solide et limité par lui-même peut donc seul être organique. Mais comme, dans l'état de solidité parfaite, la matière est immobile et son activité intérieure enchaînée, un corps organique, en tant qu'il jouit de la vie, et que celle-ci se manifeste par un changement continuel de la matière, ne peut se passer de liquide, puisque celui-ci est la forme, à proprement parler, mobile et variable de la matière. C'est donc un caractère général de tout corps vivant que des parties solides et des parties liquides coopèrent essentiellement à son existence. Mais si un changement incessant de la matière est ce qu'il y a d'essentiel dans la vie végétative, ce caractère essentiel doit tenir principalement à un liquide; nous avons vu, en effet, que les organes de l'embryon ne sont que des produits de liquides.

3° Le centre de la vie végétative ne peut exister que dans un liquide portant le caractère de l'activité intérieure et de la généralité. Si le changement des substances est accompli par des liquides de l'organisme, et qu'il consiste tant en conflit avec le monde extérieur qu'en conflit des parties organiques les unes avec les autres, on peut concevoir deux classes de liquides, les uns périphériques et les autres centraux. La première classe comprendra ceux qui, proportion gardée, appartiennent davantage au monde extérieur, savoir, le *suc nourricier*, qui est formé immédiatement de substances du dehors par leur mélange avec des produits de l'organisme, et les *sucs sécrétés*, qui sont formés avec la substance organique, afin d'être déposés à l'extérieur. Au contraire, le suc central, ou *suc vital*, sera le liquide qui, procédant du suc nourricier et produisant les sucs sécrétés, tient le milieu entre les humeurs, et arrose le corps entier, pour entrer en conflit avec les différens organes, et entretenir leur matérialité, ainsi que leur activité vitale. Destiné à nourrir et animer les organes, il doit réunir en lui leurs qualités diverses, avoir par conséquent le caractère de la généralité, représenter la substance organique sous forme liquide, et prouver qu'il est général en se répandant dans tous les organes. Tous les actes de la vie végétative se rapportent à lui, puisqu'ils consistent ou à dé-

composer le sang dans la sécrétion et la nutrition, ou à le former dans l'absorption et l'assimilation.

Nous étudierons donc d'abord le suc vital (§ 661-775), puis les actes de sa décomposition et de sa formation, afin de réunir ensuite sous un seul point de vue général tous les détails qui se rattachent à l'histoire de la vie végétative.

LIVRE PREMIER.

Du Sang.

§ 661. Nous avons vu comment, de l'idée de la vie, on peut déduire l'existence d'un suc vital qui occupe le centre du cercle de la vie végétative. Cette existence se manifeste aussi d'une manière plus ou moins distincte aux différens échelons de l'organisation, suivant qu'on y trouve l'idée de la vie plus ou moins complétement développée.

I. Aux échelons supérieurs de la série animale, le suc vital prend le caractère du *Sang*, c'est-à-dire d'un liquide particulier, renfermé dans des vaisseaux spéciaux, qui ne communiquent par aucune ouverture avec le canal digestif.

1° Chez tous les animaux vertébrés, la séparation des différentes humeurs est complète, attendu que le suc nourricier formé dans le canal digestif est pris par des vaisseaux particuliers (lymphatiques), qui le versent dans les vaisseaux sanguins.

2° Chez les Mollusques, les Crustacés, les Arachnides, les Insectes, les Annélides et les Échinodermes, la distinction entre suc nourricier et sang est déjà effacée; les vaisseaux lymphatiques manquent en effet; le suc nourricier passe immédiatement du canal digestif dans les vaisseaux sanguins adjacens, et, chez les Insectes surtout, une partie du liquide reste épanchée hors des vaisseaux, dans les interstices des organes, comme chose intermédiaire entre le suc nourricier et le sang.

II. Chez les animaux privés de sang, il n'y a point de système

vasculaire distinct de l'organe digestif, ni par conséquent aucune différence entre le suc nourricier et le suc vital.

3° Dans la plupart des Acalèphes, le liquide qui tient le milieu entre le suc nourricier et le suc vital est le produit immédiat de la digestion, et des prolongemens du canal alimentaire le conduisent aux divers organes. Dans les Acalèphes siphonophores, les vers Cestoïdes, Acanthocéphales et Trématodes, quelques Polypes et plusieurs Infusoires, le canal alimentaire lui-même se distribue en forme de vaisseaux dans le corps, de manière que, chez ces animaux, il n'y a point de séparation établie entre les alimens et le produit de la digestion.

4° Au dernier échelon, enfin, chez les Vers vésiculaires, les Éponges, les Coraux et la plupart des Polypes et Infusoires, on ne trouve qu'un suc homogène, sans parois propres, et qui se répand à travers la substance solide, également homogène, du corps.

III. L'état des sucs, chez les végétaux, n'est point un objet de connaissance immédiate par les sens; car, d'abord, il n'y a, dans le règne végétal, que certains points et certains momens où l'on aperçoive un courant rapide et visible, sans que jamais les vaisseaux exécutent de mouvemens; en second lieu, nous ne trouvons ici que des organes externes, sans organes internes, et les parties élémentaires, à tous égards semblables à elles-mêmes, n'ont pas de points centraux; ensuite, les réservoirs sont partout clos, et il n'existe pas de voies perceptibles qui conduisent de ceux d'une espèce dans ceux d'une autre; enfin, ces divers réservoirs sont tellement serrés les uns contre les autres et si étroits, qu'il n'en est aucun dont on puisse obtenir le contenu à l'état de pureté parfaite et en assez grande quantité pour permettre d'en faire l'analyse chimique. Un large champ est donc ouvert ici aux conjectures, et les opinions émises à l'égard des sucs végétaux varient suivant qu'on a cru trouver de l'analogie entre ces sucs et ceux des animaux ou inférieurs (5°) ou supérieurs (6°).

5° Dans la première hypothèse, le suc nourricier et le suc plastique sont, chez les végétaux, comme chez les animaux pri-

vés de sang (II), un seul et même liquide qui, reçu du dehors, subit l'assimilation dans les mêmes espaces, gagne les diverses parties, tantôt dans une direction, tantôt dans une autre, et sert tant à les nourrir qu'à préparer les différentes sécrétions. Chez les plus inférieurs des végétaux, ceux dont la trame consiste uniquement en tissu cellulaire, ce cas a lieu incontestablement, comme chez les animaux placés au bas de l'échelle (4°). Mais il est probable que les végétaux supérieurs sont sur le même rang que les animaux à canal intestinal vasculiforme (5°), de sorte qu'un seul réservoir sert en même temps d'organe digestif, de vaisseau lymphatique et de vaisseau sanguin, ce qui fait qu'on doit le considérer comme l'état d'indifférence de ces canaux, qui ne commencent à se rencontrer réellement que chez les animaux supérieurs. Ce suc nourricier et plastique, auquel on donne communément le nom de *Séve*, est un liquide clair comme de l'eau, mais dans lequel l'acétate de plomb fait naître un précipité caillebоté, et qui contient du mucus, du sucre ou des sels. Quant au réservoir, ce suc se répand manifestement d'une cellule dans les autres; mais, en pénétrant à travers les parois, il doit éprouver une plus ou moins grande métamorphose, et, quand il est arrivé dans la cellule où il pénètre, y paraître modifié ou revêtu du caractère de produit sécrétoire. Ce produit sécrétoire affecte ici la forme de granulations incolores, de vésicules, de fibres, de cristaux et de matières colorantes; ces dernières n'existent souvent que dans certaines cellules, tandis que les voisines en sont exemptes; enfin on n'aperçoit point de liquides dans les cellules des plantes sèches, et toutes ces circonstances prouvent qu'elles ne sont point les réservoirs conducteurs de la séve.

Si l'on en croit Smith et autres, des fibres ou des tubes simples (vaisseaux séveux) seraient les conducteurs de la séve. Mais ces tubes ne sont autre chose que des cellules allongées et fort étroites, dont le diamètre est d'un cent vingtième de ligne, suivant Sprengel. Ils ne contiennent que pendant quelque temps un liquide qui, d'après L.-C. Treviranus, a une certaine consistance, de manière qu'il ne s'écoule pas quand on coupe la cellule en travers, et plus tard ils deviennent complétement vides.

Les canaux intercellulaires, ou les conduits plus ou moins anguleux dont les parois se rapportent aux cellules mêmes qui les circonscrivent, sont, au dire de L.-C. Treviranus, Kieser, Nees d'Esenbeck et autres, les réservoirs généraux et les conducteurs de la séve absorbée au dehors, assimilée et destinée à la nutrition et aux sécrétions. Divers faits qui seront rapportés plus loin, donnent, ce me semble, une grande vraisemblance à cette opinion (*).

6° Les premiers phytotomistes, Malpighi et Grew, admettaient, chez les végétaux, un liquide correspondant au sang, parce qu'ils croyaient que les plantes ont une organisation pareille à celle des animaux, et que tous les animaux doivent être pourvus de sang. On a pensé que la séve était charriée depuis la racine jusqu'aux feuilles, et que là elle se convertissait en suc vital, qui redescendait ensuite des feuilles vers la racine. On admettait, comme conducteurs de la séve ascendante, non seulement les vaisseaux séveux et les conduits intercellulaires, mais encore les trachées. Or, ces dernières manquent presque entièrement dans la racine; lorsqu'elles contiennent un liquide, il est épais et mucilagineux, et l'on a vu des feuilles et des fleurs se développer encore après qu'elles avaient été détruites. Le cambium qu'on trouve entre le liber et le bois a été considéré comme le suc plastique, analogue au sang, et qui revient des feuilles; mais c'est bien plutôt la jeune substance végétale en train de se former, et qui très-probablement a été déposée par le suc contenu dans les conduits intercellulaires.

D'autres phytotomistes, notamment G.-R. Treviranus, C.-H. Schultz et Meyen, croient que l'analogue du sang est le suc propre (*succus proprius*), ou le suc lactescent; mais ce suc, comme l'a démontré L.-C. Treviranus (1) surtout, paraît être bien plutôt un produit sécrétoire; car il varie beaucoup suivant les plantes, et il se fait remarquer par des qualités particulières; il contient de l'huile, ou de la résine, ou de la gomme, ou des alcaloïdes amers, âcres, narcotiques, qui pourraient difficilement agir comme élémens plas-

(*) Comparez Raspail, Nouveau syst. de physiol. végét., t. II, p. 20

(1) *Zeitschrift fuer Physiologie*, t. I, p. 156.

tiques généraux de la substance végétale, et dans lesquels on est bien plutôt porté à voir les produits les plus élevés d'un travail de plasticité ayant pour but de faire naître des différences. D'ailleurs, la végétation ne le consomme pas, et il ne fait que se dessécher par les progrès de l'âge. Lorsqu'il existe en trop grande abondance, il porte préjudice à la vie, s'échappe de ses réservoirs, et s'épanche soit à la surface, soit dans le tissu cellulaire, où il provoque la gangrène. En outre, on ne le rencontre pas chez un grand nombre de végétaux des plus parfaits, et c'est en désespoir de cause qu'on a supposé que, si alors il ne se laissait point apercevoir, c'est qu'il était incolore et transparent. Le plus important de tous les argumens qu'on allègue à l'appui de l'analogie entre le sang et le suc laiteux, c'est que celui-ci exécute une circulation; mais le phénomène lui-même est trop problématique (§ 692) pour qu'on puisse en rien conclure. Si les végétaux avaient un suc vital particulier, distinct du suc nourricier, et circulant dans des vaisseaux spéciaux, ils s'éleveraient au dessus de tous les animaux sans vertèbres, et se placeraient sur la même ligne que les animaux vertébrés, car les conduits destinés à charrier la sève devraient alors être les analogues des vaisseaux lymphatiques, qui appartiennent exclusivement aux animaux vertébrés.

§ 662. Tandis que la phytologie en est réduite ici à raisonner d'après les lois de la probabilité, la zoologie a la satisfaction de pouvoir établir ses jugemens sur une base empirique et plus sûre; mais, pour peu qu'elle s'écarte de cette base, la certitude lui manque aussi. Il est dans la nature du sang, a dit Burkhart (1), que les phénomènes qu'on observe en lui se ploient à toutes les opinions. En effet, l'hématologie porte entièrement le caractère du sang lui-même. Comme le sang est un protée qui ne reste jamais en repos, et qui possède l'aptitude à prendre toutes sortes de formes, de même aussi on ne saurait rien imaginer qui n'ait été dit de lui; il n'y a pas de fait qui n'ait été révoqué en doute, pas d'interprétation que l'on n'ait cherché à renverser par une autre; il n'est au-

(1) *Ueber das Blut und das Athmen*, p. 21.

cun point à l'égard duquel on ne cite des observations contradictoires, et qui n'ait fait naître des hypothèses différentes. De même que le sang, d'un côté, est mû par un mécanisme qui saute aux yeux, de l'autre crée et anime avec un pouvoir presque magique, de même aussi tantôt l'hématologie refuse obstinément de sortir des théories mécaniques, et nie sans hésiter tous les faits qui ne peuvent point s'y ranger, tantôt flotte dans un tourbillon d'explications mystiques, dont les auteurs croient au dessous d'eux de se rendre intelligibles, rejettent toute comparaison avec d'autres phénomènes de la nature, et opposent à l'expérience appuyée du témoignage des sens une intuition dont ils ne peuvent donner la preuve, ou s'en tiennent strictement à l'apparence fournie par les sens, sans concéder à l'entendement le droit de l'apprécier. L'hématologie a sa circulation comme le sang; à peine une doctrine a-t-elle été reconnue fausse et remplacée par une autre entièrement opposée, que celle-ci devient triviale à son tour et repousse toutes les sympathies; le contraire semble être plus intéressant, et la vieille erreur reparaît, jusqu'à ce qu'elle se replonge dans les abîmes du temps, après avoir produit de nouveau une sensation passagère. Enfin, comme toute excitation violente et orageuse de la vie a principalement son siége ou son point de départ dans le système sanguin, de même aussi la dissidence des avis au sujet du sang excite souvent des discussions passionnées; car l'étroitesse des vues s'accompagne presque toujours d'une susceptibilité très-chatouilleuse, et le sentiment obscur de l'impossibilité d'asseoir son opinion sur une démonstration complète, conduit fréquemment à affecter des airs de suffisance ou à montrer de l'aigreur envers ses adversaires.

Ces phénomènes, qui ne sont pas rares dans la littérature d'autres branches de la physiologie, mais qui se prononcent ici avec plus de force que partout ailleurs, seront un nouveau motif pour nous de procéder avec calme et circonspection, d'envisager le sang d'une manière purement objective, d'avoir égard aux faits seulement, sans attacher le moindre poids aux autorités, et de n'avancer que pas à pas vers des vues générales.

Section première.

DE LA SUBSTANCE DU SANG.

Avant de chercher à déterminer quels sont les rapports du sang avec la vie (§ 692-773), il faut connaître la substance même de ce liquide, et pour cela d'abord l'étudier dans les circonstances où il peut tomber en notre pouvoir (§ 663-687), puis l'observer tandis qu'il est encore soumis à l'influence de la vie (§ 688-691).

CHAPITRE PREMIER.

Du sang hors de l'organisme.

ARTICLE I.

Des propriétés du sang.

I. Propriétés physiques du sang.

A. *Propriétés générales du sang.*

§ 663. 1° Le sang tiré des vaisseaux d'un homme est un liquide d'un rouge ponceau, purpurin ou écarlate, un peu épais, visqueux, doux et savoneux au toucher, dont la pesanteur spécifique surpasse celle de l'eau. Il a une odeur fade, toute particulière, et une saveur faiblement salée ou douceâtre. Sa température égale celle des cavités du corps. Il donne à l'électromètre des indices d'électricité.

2° Sa couleur est à peu près la même chez tous les animaux vertébrés; seulement le rouge est moins saturé chez les Reptiles, et il tire la plupart du temps sur le bleuâtre chez les Poissons. Parmi les animaux sans vertèbres, les Annélides possèdent du sang rouge. Le sang de plusieurs Mollusques, des Biphores par exemple, est incolore; celui de divers Gastéropodes a une teinte lactescente, légèrement nuancée d'un bleu qui, d'après Erman, se rapproche, à la lumière réfractée, du bleu de ciel dans l'*Helix pomatia*, et du bleu d'améthyste foncé dans le *Planorbis corneus* (1). Le sang des

(1) *Abhandlungen der Akademie zu Berlin*, 1816-1817, p. 209.

Teredo est rouge (1). Celui que renferme le vaisseau dorsal des Insectes est en général transparent, et il offre des teintes diverses, verdâtre chez plusieurs Orthoptères, jaune dans le Ver à soie, orangé dans la Chenille du saule, rougeâtre dans le *Trichodes apiarius*, brun foncé chez la plupart des Coléoptères (2). Le sang des Echinodermes est jaunâtre ou orangé, selon Tiedemann (3).

3° Ce liquide est plus dense et plus visqueux chez les animaux à sang chaud que chez ceux à sang froid. Mais sa densité varie aussi chez les divers individus d'une même espèce et chez le même individu en des temps différens, ce qui peut servir en partie à expliquer la disparité des nombres par lesquels on a représenté sa pesanteur spécifique. En effet, celle du sang des Mammifères, et notamment de l'homme, est évaluée à 1041 par Boyle, 1045 par Martine, 1054 par Jurin, 1056 par Musschenbroek, 1059 par Denis, 1082 par Senac, 1052 à 1057 par Berzelius. Un pouce cube de sang pèse deux cent soixante et sept grains, suivant Hales, et trois cent quatre-vingt-seize d'après Senac (4).

4° Un thermomètre plongé dans le sang qui coule d'un vaisseau indique ordinairement la même température que dans la cavité orale; chez les Mammifères, environ trente degrés de l'échelle réaumurienne, et chez les Oiseaux un peu plus. Thackrah (5) a trouvé que la chaleur du jet de sang était de vingt-neuf degrés dans le Cheval, de trente dans le Bœuf, de trente et un dans la Brebis et de trente-trois dans le Canard. Chez les autres animaux, la température de ce liquide est la plupart du temps la même que celle du milieu ambiant.

5° On reconnaît l'électricité du sang, au dire de Bellingeri (6), d'après les mouvemens qui surviennent dans une cuisse de Grenouille lorsqu'on met du sang et un métal en contact avec

(1) Carus, Traité d'anat. comp., t. II, p. 307.

(2) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. I, p. 472. — Heusinger, *Zeitschrift fuer die organische Physik*, t. I, p. 601.

(3) Tiedemann, Traité de physiologie de l'homme, t. I, p. 335.

(4) Traité de la structure du cœur, t. II, p. 301.

(5) *An inquiry into the natur and properties of the blood*, p. 30.

(6) *Experimenta in electricitatem sanguinis*, p. 3.

le membre et avec eux-mêmes. Le sang la conserve vingt-quatre à quarante-huit heures après sa sortie des vaisseaux (1). Comme de deux métaux, dont on met l'un en contact avec le nerf et l'autre avec le muscle, celui-là joue le rôle d'élément positif, qui détermine des convulsions quand on le met en rapport avec le nerf pour fermer la chaîne, et n'en provoque pas lorsqu'on l'applique au muscle, ou n'en détermine alors qu'autant qu'on ouvre la chaîne, tandis que l'autre se comporte comme élément négatif, Bellingeri a essayé de déterminer d'après cela quelle pouvait être la polarité du sang chez divers animaux. Il a trouvé que ce liquide se comportait partout comme positif à l'égard du cuivre, et comme négatif à l'égard de l'étain; mais que, par rapport au fer, il était négatif chez les Veaux, les Agneaux et les Canards, de même nom chez le Bœuf, le Belier et le Paon, et positif chez les Chevaux; qu'enfin, dans les Chevaux, il montrait quelquefois avec l'antimoine la polarité de même nom, mais bien plus souvent la négative; que par conséquent le sang est plus enclin à l'électricité positive chez les jeunes animaux que chez les adultes, chez les Chevaux que chez les bêtes à cornes et ovines, chez les Paons que chez les Canards.

B. *Propriétés microscopiques du sang.*

§ 664. Si l'on examine au microscope une goutte de sang étalée et formant une couche peu épaisse, on aperçoit un liquide transparent et incolore, la *sérosité*, dans lequel nagent d'innombrables corpuscules, qu'on appelle *globules du sang* (*hématies* de Gruithuisen).

1. GLOBULES DU SANG.

1° On trouve de ces globules dans le sang de tous les animaux vertébrés. Partout, ils sont bien délimités, réguliers, formés d'après un type déterminé, mais constamment ronds, forme qu'ils conservent jusqu'à un certain point malgré leur action les uns sur les autres, et malgré toutes les influences mécaniques. Ce n'est qu'au moment où commence soit la coa-

(1) *Ibid.*, p. 11.

gulation, soit la décomposition, qu'on apercoit des formes diverses, notamment, comme le fait remarquer Treviranus (1), des concrétions tantôt rondes et tantôt irrégulières. C'est probablement cette circonstance qui explique pourquoi Magendie (2) n'a découvert, dans le sang humain étendu, que des masses toutes différentes les unes des autres pour la forme et la grandeur, et pourquoi Gruithuisen (3) y a vu, indépendamment des corpuscules oblongs, qu'il regardait comme des vésicules du sang (§ 665), des corps rouges et floconneux, de forme variable et indéterminée, qu'il a cru être les globules du sang proprement dits de la Grenouille.

On trouve aussi des corpuscules solides dans le sang des animaux sans vertèbres, mais ils n'ont point de forme régulière. D'après Blainville (4), ce sont des grumeaux irrégulièrement arrondis, anguleux et oblongs.

Kieser (5) dit avoir aperçu quelquefois des grains ronds dans le liquide que contiennent les conduits intercellulaires des plantes. Nees d'Esenbeck (6) en admet également. Ils sont plus prononcés encore dans le suc propre, et Meyen (7) les y regarde comme analogues aux globules du sang, dont, suivant lui, ils ne différeraient que par le défaut de couleur, un volume moins considérable, et leur plus longue persistance après la cessation du mouvement du liquide. Cependant L.-C. Treviranus (8) assure qu'ils n'ont pas de forme régulière. Dans tous les cas, on ne peut les regarder comme une preuve d'analogie entre le sang et le suc propre, puisque le suc cellulaire, ou la séve, contient aussi des grumeaux.

2° Les globules du sang des animaux vertébrés sont à demi transparens. Au microscope, on ne les voit ordinairement d'un rouge sanguin que quand il y en a plusieurs accumulés les

(1) *Vermischte Schriften*, t. I, p. 122.
(2) Précis de physiologie, t. II, p. 303.
(3) *Beitræge zur Physiognosie*, p. 92.
(4) Cours de physiologie générale et comparée, t. I, p. 240.
(5) *Grundzuege der Anatomie der Pflanzen*, § 209.
(6) *Handbuch der Botanik*, t. I, p. 325.
(7) *Phytotomie*, p. 292.
(8) *Zeitschrift fuer die Physiologie*, t. I, p. 156.

uns sur les autres; isolés, ils sont d'un rouge pâle, ou jaunâtres, ou presque incolores.

L'emploi de la lumière réfractée est en partie cause de ce phénomène, comme en avaient déjà fait la remarque Senac (1) et Spallanzani (2); car, à la lumière directe ou réfléchie, les globules du sang, même isolés, paraissent rouges.

3° Ces corpuscules sont circulaires chez les Mammifères et elliptiques chez tous les autres animaux vertébrés, particularité que connaissait déjà Leeuwenhoek (3). Mais, quelque vraie que soit cette assertion, considérée d'une manière générale, les formes des globules du sang ne sont pas tellement fixes qu'elles ne puissent quelquefois se rapprocher l'une de l'autre, et même se remplacer réciproquement. Ainsi Blainville assure qu'on les rencontre toutes deux chez les Poissons (4); d'après Schmidt (5), ces animaux ont des globules dont les uns sont plus ou moins allongés et les autres circulaires, et Rudolphi (6) leur assigne en général cette dernière forme. Spallanzani (7) avait remarqué qu'à l'exception des Salamandres, chaque espèce d'animal n'a que des globules d'une seule forme, et Wedemeyer (8) a constaté depuis qu'outre les oblongs il s'en trouve effectivement aussi de circulaires chez les Salamandres. Le même écrivain (9), dont l'opinion à cet égard est partagée par Reichel (10), prétend même que les globules circulaires sont normaux chez les Grenouilles, ce qui est une erreur. Orfila a trouvé, dans du sang de Pigeon, quelques globules circulaires parmi ceux de forme allongée, et dans celui d'homme des globules allongés, mais alors seulement que le liquide avait été desséché, puis ramolli dans l'eau (11). (Outre les globules elliptiques, le

(1) *Loc. cit.*, t. II, p. 282.
(2) Exp. sur la circulation, p. 155 et 273.
(3) Haller, *Elem. physiolog.*, t. II, p. 53.
(4) *Loc. cit.*, t. I, p. 303.
(5) *Ueber die Blutkœrner*, p. 23.
(6) *Grundriss der Physiologie*, t. I, p. 144.
(7) Expériences sur la circulation, p. 287.
(8) *Untersuchungen ueber den Kreislauf des Blutes*, p. 173.
(9) *Ibid.*, p. 229.
(10) *De sanguine ejusque motu experimenta*, p. 19.
(11) Journal de chimie médicale, t. III, p. 414.

sang de la Grenouille en contient aussi d'arrondis, qui sont six fois plus petits environ que les autres, et, comparativement à eux, en fort petit nombre, de sorte qu'à moins d'une certaine attention on ne les aperçoit pas. Peut-être appartiennent-ils à la lymphe ou au chyle) (1). On assure que les globules du sang sont parfaitement ronds chez les animaux sans vertèbres; telle serait leur fmore dans les Crustacés, suivant Hewson (2) et Carus (3); dans les Insectes aussi, selon Treviranus (4) et Suckow (5). Cependant nous pourrions demander si ce sont réellement des corps régulièrement conformés, et analogues aux globules du sang des Mammifères, et non pas plutôt des grumeaux irréguliers, que leur extrême petitesse seule fait paraître globuleux.

4° Chez tous les animaux vertébrés, les globules du sang sont plus ou moins aplatis, en manière de disque; par conséquent les circulaires ne sont pas sphériques, mais lenticulaires, et les elliptiques ressemblent presque à des amandes ou à des graines de melon. Comme ils reposent ou nagent sur l'une de leurs surfaces planes, on n'aperçoit ordinairement que leur face supérieure, de sorte qu'on pourrait les croire aussi épais que larges; mais, lorsqu'ils roulent sur eux-mêmes, de manière à présenter parfois le flanc, on reconnaît distinctement leur forme. Ce phénomène avait déjà été remarqué par Senac (6) et Hewson (7); il a été vu depuis par Wedemeyer (8) et autres, dans les quatre classes d'animaux vertébrés. Suivant Rudolphi, c'est chez les Reptiles que les globules sont le plus plats; ils le sont moins chez les Oiseaux, et moins encore chez l'homme. D'après Hodgkin et Lister, leur épaisseur, chez l'homme, est à leur largeur comme 1 : 4,5, proportion

(1) Addition de J.-Muller.
(2) *Experimental inquiries*, t. III, p. 40.
(3) *Von den æussern Lebensbedingungen*, p. 86.
(4) *Biologie*, t. IV, p. 546.
(5) *Zeitschrift fuer die Physiologie*, t. I, p. 603.
(6) *Loc. cit.*, t. II, p. 276.
(7) *Loc. cit.*, t. III, p. 13.
(8) *Loc. cit.*, p. 351.

qui est plus considérable chez les Cochons et les Lapins, moindre chez les Oiseaux, les Reptiles et les Poissons (1).

Haller (2) n'avait jamais remarqué cette forme plate, et Mayer (3) prétend qu'elle n'est qu'une illusion d'optique, produite par une trop forte lumière, ou par une accumulation accidentelle de matière colorante sur les globules. Cependant, comme je l'ai très-bien distinguée dans des globules qui roulaient sur eux-mêmes, cette opinion me paraît reposer sur une supposition erronée. Du reste, Schmidt (4) croit pouvoir admettre, d'après ses propres observations sur l'embryon de poulet au troisième jour de l'incubation, et d'après celles de Dœllinger sur les embryons de Poissons et les têtards de Grenouilles, que les globules du sang ont partout une forme parfaitement sphérique au début de la vie, et que c'est plus tard seulement qu'ils s'aplatissent et s'allongent, quand ils doivent être elliptiques. Cette assertion semble avoir été confirmée par des remarques faites depuis : déjà même Hewson avait représenté les globules des embryons de Poulet et des Vipereaux entièrement ronds, et ceux des adultes oblongs.

5° Les globules paraissent être plus ou moins bombés sur leurs deux faces, et avoir des bords plus ou moins tranchans. Schmidt (5) dit qu'ils n'ont un bord tranchant que chez les Oiseaux, les Poissons et les Ophidiens; qu'ils en ont un mousse chez les Mammifères, et que, dans les Salamandres et Grenouilles, ils ressemblent à des pièces de monnaie, ayant une tranche plus ou moins épaisse. Cette assertion ne semble pas être à l'abri de toute contestation; car Wedemeyer (6) a vu les bords tranchans dans les Salamandres aussi. Young, Hodgkin et Lister s'éloignent bien plus encore de notre manière de voir, puisque, suivant eux, les deux faces sont concaves, de sorte que les bords seraient la partie la plus épaisse et par cela même arrondis (7).

(1) Hufeland, *Journal der praktischen Heilkunde,* t. XVIII, p. 244.
(2) *Elem. physiol.,* t. II, p. 53.
(3) *Supplemente zur Lehre vom Kreislaufe*, p. 67.
(4) *Loc. cit.,* p. 26.
(5) *Loc. cit.,* p. 23.
(6) *Loc. cit.,* p. 351.
(7) Froriep, *Notizen*, t. XVIII, p. 241.

6° Cette diversité d'avis tient à ce que, sous le microscope, c'est tantôt le pourtour et tantôt le milieu du globule qui paraît plus clair, de sorte qu'alors on le prend ou pour une partie saillante au dessus de la surface, ou pour une partie plus mince et plus transparente. Ordinairement on aperçoit le milieu plus clair, et la circonférence plus opaque; c'est ce qu'avait déjà vu Leeuwenhoek; et Fontana remarqua que, sous ce rapport, les globules du sang se comportent au microscope comme le font tous les petits corps arrondis, tandis que Hodgkin et Lister prirent le pourtour plus foncé pour un renflement marginal. D'un autre côté, Muys et Hewson (1) prétendirent que le milieu est obscur, plus opaque ou plus fortement coloré que la circonférence. Mais déjà Senac (2) avait aperçu tantôt l'une et tantôt l'autre de ces deux dispositions, et fait remarquer que le centre paraît bombé ou creux, suivant qu'on rapproche ou qu'on éloigne l'objet de l'oculaire, suivant aussi qu'on emploie une lumière plus ou moins forte. Treviranus (3) a également constaté que, quand on a recours à une lumière et à un grossissement considérables, le milieu paraît transparent et le pourtour opaque. Weber ajoute encore (4) que cet effet a lieu avec la lumière réfractée, mais que le contraire s'observe avec la lumière réfléchie (*).

7° Comme corps revêtus de formes régulières, tous les globules du sang sont d'égale grosseur chez le même individu, et chez les divers individus d'une même espèce. Cette observation a été faite par Leeuwenhoek (5), Haller (6), Spallanzani (7), Hunter, Dœllinger (8) et Weber (9). Mais elle

(1) *Loc. cit.*, t. III, p. 9, 16, 21.

(2) *Loc. cit.*, t. III, p. 276.

(3) *Vermischte Schriften*, t. I, p. 122.

(4) *Anatomie des Menschen*, t. I, p. 147.

(*) Comparez, sur les globules du sang, les opinions, presque en tous points contradictoires, de Raspail. (Nouv. syst. de chimie organique, p. 366 et 385.)

(5) Haller, *Elem. physiol.*, t. II, p. 55.

(6) *Ibid.*, p. 66.

(7) Expériences sur la circulation, p. 287.

(8) *Denkschriften der Akademie zu Muenchen*, t. VII, p. 179.

(9) *Loc. cit.*, t. I, p. 155.

n'est vraie qu'autant qu'il s'agit du volume approximatif ; nous ne connaissons aucun poids ni aucune mesure, dans la vie entière, qui restent constamment identiques chez tous les individus d'une espèce quelconque, et les globules du sang ne sauraient faire exception à cet égard. Poli, Autenrieth et Carus (1) les disent de taille inégale chez les Crustacés et les Mollusques ; Magni assure la même chose de ceux des Grillons, et Poli prétend que, chez plusieurs Acéphales, ils surpassent ceux du sang humain en grosseur ; mais ces assertions ont peu de poids, puisqu'on est encore dans le doute de savoir si les corpuscules qui s'aperçoivent dans le sang des animaux sans vertèbres sont les analogues des globules du sang des animaux vertébrés. Ces derniers même diffèrent les uns des autres. Déjà Senac (2) avait trouvé les globules du sang de l'homme d'un trois centième de ligne de diamètre, mais entremêlés d'autres dont le diamètre était d'un deux cent cinquantième de ligne. Menghini et Hewson (3) ont fait des observations du même genre. Spallanzani prétend n'avoir rencontré cette inégalité que chez les Salamandres, et Schmidt que chez les Salamandres, les Grenouilles et les Poissons. Mais c'est incontestablement le hasard seul qui a empêché de la voir chez d'autres animaux encore, de sorte qu'avec Raspail et Blainville (4) nous admettons en thèse générale qu'il n'y a point, sous ce rapport, de proportion invariable. Voilà pourquoi les mesures, à part même leur plus ou moins d'exactitude, ont donné des résultats si différens ; mais, considérées comme moyen d'arriver à la découverte de la grandeur moyenne ou normale, elles ont du prix, en ce qu'elles nous permettent au moins d'estimer à peu près cette dernière. Home (5) donne aux globules de l'homme 1/141 de ligne, Eller 1/161, Jurin 1/166 (6), Rudolphi (7), Sprengel, Hodgkin et Lister (8) 1/250,

(1) *Von den æussern Lebensbedingungen*, p. 86.
(2) *Loc. cit.*, t. II, p. 276.
(3) *Loc. cit.*, t. III, p. 39.
(4) *Loc. cit.*, t. I, p. 300.
(5) *Lectures on comparative anatomy*, t. III, p. 4.
(6) Haller, *Elem. physiolog.*, t. II, p. 55.
(7) *Grundriss der Physiologie*, t. I, p. 145.
(8) Froriep, *Notizen*, t. XVIII, p. 241.

Senac (1) 1/275, Tabor 1/300, Kater (2), 1/333, Prevost et Dumas (3) 1/338, Haller (4), Wollaston (5) et Weber (6) 1/416, enfin Young 1/505. D'après Home, 19,880 de ces globules occuperaient une surface d'une ligne carrée : il en faudrait 255,000 selon Young.

Prevost et Dumas disent que leur volume est égal à celui des globules humains, ou de 1/338 de ligne, dans le Chien, le Hérisson, le Cochon, le Lapin, le Cochon d'Inde, le Muscardin et le Dauphin; plus considérable (1/270 de ligne) dans le *Simia callitrix;* plus petit chez plusieurs autres Mammifères, savoir : de 1/365 dans l'Ane, 1/387 dans le Chat, 1/451 dans la Brebis, 1/494 dans le Chamois, 1/584 dans la Chèvre. Suivant Hodgkin et Lister, ils sont plus petits dans le Lapin et le Cochon que chez l'homme. Les globules elliptiques appartenant aux animaux suivans sont beaucoup plus gros en général, et surtout eu égard à leur diamètre longitudinal, mais plus minces et plus plats, que ceux des Mammifères. Suivant Prevost et Dumas, sur une largeur de 1/338 de ligne, la longueur est de 1/225 chez la Mésange, 1/195 chez l'Oie, 1/191 chez le Paon, 1/184 chez la Poule, 1/178 chez le Dindon, 1/169 chez l'Orfraie. Dans les Reptiles, la longueur et la largeur sont presque toujours plus considérables, savoir, d'après les mêmes observateurs, de 1/150 et 1/250 dans l'Orvet, 1/149 et 1/250 dans le Lézard gris, 1/136 et 1/225 dans la Vipère, 1/116 et 1/225 dans la Couleuvre à collier, 1/110 et 1/176 dans la Tortue, 1/90 et 1/183 dans la Grenouille et le Crapaud, 1/78 et 1/128 dans la Salamandre. Chez la plupart des Poissons, les globules du sang sont plus petits. Rudolphi (7) évalue leur volume, en général, de 1/208 à 1/166 de ligne. D'après Prevost et Dumas, ils ont 1/169 de long dans l'Anguille, la Lote, le *Cobitis fossilis* et la Tor-

(1) *Loc. cit.*, t. II, p. 276.
(2) Home, *Lectures*, t. III, p. 11.
(3) Biblioth. de Genève, t. XVII, p. 302.
(4) *Opera minora*, t. I, p. 178.
(5) Home, *Lectures*, t. III, p. 12.
(6) *Loc. cit.*, t. I, p. 155.
(7) *Grundriss der Physiologie*, t. I, p. 145.

pille ; mais Hewson (1) assure qu'ils sont plus gros dans les Raies que chez aucun autre animal.

8° Prevost et Dumas assurent que les Oiseaux sont les animaux dont le sang en contient le plus, et qu'il y en a moins chez les Mammifères carnivores, moins encore chez les Herbivores, et moins que partout ailleurs chez les animaux à sang froid, les Chéloniens exceptés. Cependant il est très-facile de céder à des illusions en établissant de semblables estimations ; car, outre que l'espace destiné à les recevoir diminue lorsque leur grosseur devient plus considérable, de sorte que, quoiqu'ils soient très-serrés les uns contre les autres, leur nombre subit une diminution, il importe d'avoir égard à l'état de la vie du sang et à sa constitution temporaire : quand les circonstances sont favorables, le sang des hommes, comme celui des Grenouilles, fourmille tellement de globules, qu'il semble impossible qu'on y en trouve jamais davantage, remarque qu'avait déjà faite Haller (2).

9° A l'égard des propriétés mécaniques des globules du sang, ils paraissent être, comme le disent Hunter et Weber (3), plus pesans que la sérosité. Cependant il faut bien que la différence ne soit pas très-considérable ; car on voit les globules nager à des hauteurs diverses dans la sérosité parfaitement tranquille, et il suffit de la moindre agitation de l'air pour les faire fuir promptement.

Après avoir été comprimés, ils reprennent leur forme primordiale, en vertu de l'élasticité dont ils sont doués ; c'est ce qu'avaient déjà observé Leeuwenhoek, Cooper et Senac (4). Della Torre et Fontana ont fait la même remarque, quand ils avaient comprimé les globules entre deux lames de gypse, de manière à les rendre quatre ou cinq fois plus larges qu'ils ne le sont ordinairement. Hodgkin et Lister ont vu qu'en pareil cas, le bord se déchiquetait (5).

(1) *Loc. cit.*, t. III, p. 11.
(2) *Opera minora*, t. I, p. 181.
(3) *Loc. cit.*, p. 148.
(4) *Loc. cit.*, t. II, p. 283.
(5) Froriep, *Notizen*, t. XVIII, p. 245.

2. BULLES D'AIR DANS LE SANG.

§ 665. Nous devons encore parler d'une autre espèce de vésicules qu'on aperçoit fréquemment dans le sang, avec le secours du microscope. Ces vésicules ont l'air d'être composées d'un centre incolore, transparent, brillant comme du verre, et d'un pourtour d'un rouge foncé ou noirâtre. Le rapport entre les deux parties varie : si la circonférence est large, la vésicule ressemble à un disque rouge foncé, percé d'une ouverture dans le milieu, ou à un iris dont la pupille n'aurait pas d'arrière-fond noir; si le pourtour est étroit, la vésicule a l'apparence d'une boule de verre autour de laquelle se trouverait placé un anneau de teinte foncée. Ces vésicules varient de grosseur. Ordinairement elles sont sphériques; mais parfois on en trouve d'elliptiques, tant dans le sang humain que dans celui des Oiseaux et d'autres animaux. Elles adhèrent à l'objectif en verre sur lequel on a placé le sang, et occupent pour la plupart le fond, tandis que la sérosité nage au dessus d'elles. Si l'on dispose l'objectif obliquement, elles se portent vers la partie déclive, mais plus lentement que les globules du sang ou le caillot qui les entourent. Elles ont un certain degré de consistance et d'extensibilité. Quand elles se trouvent emprisonnées entre deux caillots filiformes, elles se resserrent et s'allongent, comme feraient des vésicules pleines de liquide que l'on comprimerait de deux côtés à la fois. Aussi conservent-elles leur forme au milieu de certains mouvemens un peu vifs; l'une d'elles, qui tenait à l'extrémité d'un filament de caillot, reçut de la part de celui-ci un mouvement de fronde qui ne la fit point changer de forme. Elles semblent même, en roulant, conserver la forme aplatie de la surface sur laquelle elles ont reposé; car, dans ce cas, qui se voit rarement à la vérité, elles paraissent à l'œil étroites et comprimées, jusqu'à ce qu'elles se soient replacées sur le côté plat. Elles conservent aussi leur forme, quand elles sont petites, dans le sang étalé en couches fort minces et desséché, cas où l'on voit souvent le caillot se fendiller à partir de leur circonférence; lorsqu'elles sont grosses, elles se convertissent par la dessiccation en cellules

irrégulières et anguleuses. Cependant elles ne sont autre chose que des bulles d'air. Ordinairement il n'y en a point dans le sang frais; elles se développent quand les globules sanguins viennent à être détruits par de l'eau. Si, tandis que l'on observe une goutte de sang dans laquelle on n'aperçoit que des globules, on y ajoute une goutte d'eau, tout change quelquefois d'aspect, comme par un coup de baguette, et, au lieu de globules, on ne voit plus tout à coup que des caillots de toute espèce, avec les vésicules qui viennent d'être décrites. Elles se produisent de même quand on fait agir un alcali ou un acide sur le sang; a-t-on, par exemple, au moyen de l'acide sulfurique, déterminé la formation d'un caillot floconneux et brun grisâtre dans le sang, si l'on ajoute de l'alcali caustique, on voit naître une multitude de petites vésicules, avec un large bord coloré, qui disparaissent par l'addition de nouvel acide, puis se reproduisent si l'on verse une seconde fois de l'alcali. La même chose a lieu quand on ajoute à du sang frais d'abord de l'alcali caustique, puis de l'acide sulfurique. Enfin, on les voit parfois aussi crever, surtout quand elles sont grosses et qu'elles ont été provoquées par l'acide et l'alcali.

La formation de ces vésicules tient donc à ce qu'il se dégage du sang de petites quantités d'air qui distendent la sérosité visqueuse en manière de bulles. Diverses circonstances donnent à penser que le rebord coloré tient à de la matière colorante qui adhère à ces bulles; lorsqu'une vésicule roule sur elle-même, on perd de vue le milieu transparent, et l'on aperçoit la surface latérale, dont la coloration est parfaitement uniforme; quelquefois la matière colorante semble se dissoudre; car, surtout quand on ajoute de l'eau, le pourtour coloré devient irrégulier, festonné, il se rétrécit peu à peu, et enfin il ne reste plus qu'une vésicule incolore, avec une limite linéaire, foncée et en forme d'anneau : quelquefois il n'y a qu'un point de la large circonférence colorée qui perde sa teinte ou qui devienne simplement rougeâtre, et l'on découvre de la matière colorante détachée figurant une sorte de petite barbe au bord externe ou au centre transparent; enfin, il n'est pas rare que la circonférence offre seulement

des stries colorées, ou qu'elle consiste en anneaux concentriques, alternativement clairs et obscurs. Cependant un phénomène d'optique entre ici en jeu : le milieu de la vésicule n'est jamais d'un rouge pâle, mais toujours parfaitement incolore, et séparé du pourtour d'un rouge foncé par une limite bien nette ; quand une grosse vésicule crève, on ne voit pas qu'il en reste de matière colorante ; quelquefois le pourtour coloré devient alternativement plus large et plus étroit, de manière à simuler le resserrement et la dilatation d'une pupille, sans que la vésicule elle-même se meuve. A cela, il faut ajouter qu'on rencontre dans d'autres humeurs des vésicules de même forme, dont la circonférence colorée diffère quelquefois de celle des vésicules aériennes du sang (par exemple dans le sperme), mais parfois aussi y ressemble parfaitement (par exemple dans la salive).

Je ne crois pas me tromper en conjecturant que quelques observateurs ont confondu ces bulles d'air avec les globules du sang, ou les ont considérées comme des parties non moins essentielles que ceux-ci et coexistantes avec eux. Tels sont d'abord Bohn, Hamberger, Bernouilli, Keil, et, parmi les modernes, Schultz (1), qui ont soutenu que les globules du sang sont des bulles d'air, tandis que celles-ci ont un tout autre aspect. Tel est encore Della Torre, qui regardait les globules de sang comme de simples anneaux ; or, on peut bien prendre pour tels les vésicules aériennes, mais difficilement les globules eux-mêmes ; et si, par un singulier hasard, ces derniers s'étaient réunis plusieurs ensemble, de manière à produire un anneau (2), l'observation un peu prolongée ne tarderait pas à convaincre qu'il s'agissait là d'une pure éventualité. Sprengel (3) dit que le sang des Poissons, outre les globules, contient encore des sphères plus grosses, claires et d'apparence vitrée. Gruithuisen (4) fait remarquer qu'après la coadnation des globules lenticulaires du sang, il reste des corps plus volumineux, entièrement sphériques, qui res-

(1) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1826, p. 550.

(2) Rudolphi, *Grundriss der Physiologie*, t. I, p. 143.

(3) *Institutiones physiologicæ*, t. I, p. 378.

(4) *Beitræge zur Physiognosie*, p. 89.

semblent à des boules de verre, contiennent une vésicule concentrique et s'aperçoivent encore dans le sang desséché; il les croit identiques avec les vésicules du sang de Hewson; dans un autre endroit (1), il les appelle du chyle, dit qu'elles sont plus grosses et plus pesantes que les globules du sang (qu'il nomme ici *anapnoaires*), sphériques, nettement délimitées, de volume divers, d'un blanc de lait, presque entièrement transparentes, lisses, d'un brillant argentin et chatoyant; suivant lui, leur nombre serait, à celui des globules du sang, comme 1 : 150, chez l'homme. Mayer dit avoir vu, dans le sang des Grenouilles et des Insectes, ainsi que dans la séve des végétaux, outre les petits globules, d'autres trois ou quatre fois plus gros, qui en portaient un petit dans leur centre (2). Jean Muller a reconnu que ces gros corpuscules se produisaient dans le sang par l'effet de l'agitation mécanique (3).

II. Changemens que subissent les propriétés du sang.

A. *Changemens spontanés du sang.*

1. CHANGEMENS QU'ÉPROUVENT LES GLOBULES.

666. 1° A part la différence d'illumination entre leur centre fortement bombé et leur pourtour plus mince, les globules du sang ne présentent aucune partie distincte au moment où l'on vient de les tirer du courant qui les recélait; mais, à peine quelques instans se sont-ils écoulés que le centre se détache de la circonférence par une sorte de sillon, et se prononce sous l'aspect d'un noyau sphérique renfermé dans une flasque enveloppe. Dans cet état, ils conservent leur forme quand on étale le sang en une couche fort mince sur le verre, de manière qu'il se dessèche rapidement; mais ils se conservent assez long-temps aussi lorsqu'on les tient dans le sérum, et surtout, d'après Kaltenbrunner, quand ils restent en contact avec une surface du corps animal d'où ils proviennent, de sorte qu'alors on peut, mieux qu'en toute autre circonstance,

(1) *Medicinisch-chirurgische Zeitung*, 1822, t. I, p. 311.
(2) *Supplemente zur Lehre vom Kreislaufe*, p. 67.
(3) *Isis*, 1824, p. 287.

juger de leur constitution primitive (1). Mais si l'on examine du sang qui ait été tiré depuis quelque temps et qui déjà commence à se décomposer, on trouve les globules renflés en sphères, et en partie ridés à la surface. Quelques uns montrent des traces de division qu'ils ont subie; car, à côté d'une enveloppe déchirée, on aperçoit un noyau qui s'en est échappé. D'autres encore sont entièrement brisés en morceaux, même leurs noyaux. Hewson (2), qui, le premier, observa ce phénomène, a remarqué que les globules frais ne tardent pas non plus à subir des changemen analogues dans l'eau; ils se gonflent et deviennent globuleux; la partie périphérique s'amincit, acquiert plus de transparence et enferme la partie centrale en manière d'enveloppe tellement lâche que, quand le globule roule sur lui-même, ce noyau tombe au fond, jusqu'à ce qu'enfin il devienne libre dans l'eau par la dissolution de la capsule (3). Hewson admet que le noyau et l'enveloppe sont des parties primordialement distinctes. Home (4), Prevost et Dumas pensent de même, ce qui, d'après les faits exposés précédemment, n'est au moins pas démontré. Le phénomène semble bien plutôt tenir à ce que la dissolution du globule homogène commence par établir en lui une hétérogénie de parties, la périphérie se ramollissant et se liquéfiant, tandis que le centre se condense, jusqu'à ce qu'enfin il se dissolve à son tour. Raspail a remarqué aussi que, quand on plonge un globule du sang dans de l'eau ou dans un acide, il se forme dans son intérieur une sphère qui n'existait point auparavant (5). Home prétend, conformément à ses vues, que les noyaux sont des sphères régulières, de volume égal, c'est-à-dire ayant un cent soixante-sixième de ligne; mais, plus tard, il en indique aussi qui n'avaient qu'un trois cent trente-troisième de ligne de diamètre. Tandis qu'il veut que le noyau fasse les quatre cinquièmes du globule entier, Hewson, Prevost et Du-

(1) Froriep, *Notizen*, t. XVI, p. 307.
(2) *Loc. cit.*, t. III, p. 22.
(3) *Ibid.*, p. 17.
(4) *Lectures*, t. III, p. 4.
(5) Répertoire général d'anatomie, t. VI, p. 146.

mas le disent beaucoup plus petit (1); dans la Salamandre, il n'est, d'après Wedemeyer (2), qu'un huitième à un sixième du globule. Sa forme est irrégulière chez les Grenouilles, selon Blainville (3), et dans les Salamandres, suivant Schmidt (4). Wedemeyer (5) a remarqué qu'il n'avait pas toujours le même volume, et qu'il présentait parfois des bords déchiquetés. D'après Weber (6), le globule du sang se réduit en morceaux, de nombre et de volume indéterminés. Tous ces faits annoncent que les noyaux n'existent pas primordialement, ou du moins qu'ils ne sont pas d'abord si nettement tranchés qu'on les trouve plus tard.

Suivant Hodgkin et Lister, le premier changement du globule du sang consiste en ce que sa périphérie acquiert un aspect déchiqueté, déchiré, crénelé, bosselé, semblable à celui d'une mûre, mais reprend ensuite une surface lisse et sphérique (7). Cependant il n'est point douteux que ce dernier changement dépende d'une dissolution de la couche périphérique; on distingue sans peine, quand la décomposition commence, que cette couche sert d'enveloppe au noyau, et Wedemeyer a vu fréquemment (8) celui-ci abandonner le centre et se rapprocher du bord, comme s'il était sur le point de sortir du sac. Du reste, ainsi que le fait remarquer aussi Rudolphi (9), la décomposition a lieu plus tard chez les animaux à sang froid que chez ceux à sang chaud; cependant Hewson prétend (10) qu'il faut plus d'eau pour décomposer les globules de l'homme que pour ceux des Reptiles et des Poissons, parce que ceux-ci sont plus minces.

2° Quand Blainville dit (11) que le nombre des globules du

(1) Schmidt, *Ueber die Blutkœrner*, p. 34.
(2) *Loc. cit.*, p. 352.
(3) *Loc. cit.*, t. I, p. 212.
(4) *Loc. cit.*, p. 34.
(5) *Loc. cit.*, p. 354.
(6) *Anatomie des Menschen*, t. I, p. 148.
(7) Froriep, *Notizen*, t. XVIII, p. 245.
(8) *Loc. cit.*, p. 345.
(9) *Grundriss der Physiologie*, t. I, p. 143
(10) *Loc. cit.*, t. III, p. 19.
(11) *Loc. cit.*, t. I, p. 212.

sang va toujours en augmentant sous le microscope, ceci ne doit s'entendre que du moment où ils se décomposent.

Nous parlerons plus loin (§ 690, 2°) de l'hypothèse d'une résolution régulière de ces mêmes globules en parties intégrantes.

2. CHANGEMENS QU'ÉPROUVE LA MASSE DU SANG.

§ 667. Les premiers changemens que l'on remarque dans la masse du sang, sont les suivans :

1° D'abord, lorsque le sang entre en contact avec l'air en quantité un peu considérable, il se couvre d'une écume vermeille, même lorsqu'il ne tombe pas d'une certaine hauteur, et que loin de là il coule en bavant à la surface du corps de l'animal.

2° Il exhale, quand l'air est froid, une vapeur visible, et qui a faiblement l'odeur du sang (*halitus sanguinis*). Cette vapeur se condense en gouttelettes à la surface des corps froids, par exemple des plaques métalliques, qu'on tient au dessus d'elle; mais, à l'état d'expansion, on peut la recueillir dans des bouteilles, où elle n'éteint point la flamme d'une bougie, ne trouble pas l'eau de chaux, mais fait naître dans la dissolution de deutochlorure de mercure des flocons blancs, qui consistent en une combinaison de matière animale et de protochlorure. Si l'on secoue cette vapeur avec de l'eau, le liquide prend l'odeur du sang, sans déceler aux réactifs ce qu'il contient, mais tombe en putréfaction au bout de quelque temps, attire l'oxygène de l'air, et produit, suivant Hunefeld, des vapeurs blanches quand on en approche de l'acide hydrochlorique, ce qui annonce un dégagement d'ammoniaque (1).

3° Le sang des Mammifères et des Oiseaux se refroidit peu à peu, ou prend la température du milieu ambiant, tandis que l'évaporation s'accompagne d'une diminution positive de la chaleur. Schubler a trouvé que la chaleur du sang, la température extérieure étant à 6,2 R., descendait, en une heure, de 31 degrés à 8, et en deux heures à 5,6 (2). Le sang frais

(1) *Physiologische Chemie des menschlichen Organismus*, t. II, p. 213.
(2) Poggendorf, *Annalen der Physik*, t. XXXIX, p. 302.

exposé au dessous de zéro ne se coagule que lentement d'après Hunter ; mais si on lui laisse perdre sa vapeur avant de le mettre au froid, la coagulation a lieu d'une manière plus rapide.

a. *Coagulation du sang.*

§ 668. Le changement le plus frappant est la *coagulation*, ou, plus exactement, la séparation en solide et liquide, qui, dans le sang humain, commence, terme moyen, cinq minutes après la sortie de la veine, quoiqu'il lui arrive quelquefois de se manifester déjà au bout d'une minute, tandis que, dans certains cas, elle n'a lieu qu'au bout d'une demi-heure, ou même d'une heure entière. Cette coagulation est terminée en huit heures, bien qu'elle en exige parfois vingt-quatre. D'abord, le sang devient épais comme de la crème, ou même consistant et tremblotant comme une gelée molle. S'il est disséminé par gouttes à la surface d'un corps solide, ou étalé en couches fort minces, il se dessèche tout simplement par l'effet de l'évaporation. Mais, s'il se trouve réuni en grandes masses, à la première période, qui dure fort peu de temps, succède la seconde, qui se prolonge bien davantage ; à la surface de la gelée on voit paraître un liquide clair, le sérum, et le reste se condense en une masse solide, le caillot, qui ne peut plus être ramenée à la forme liquide, ni par le sérum ni par l'eau.

1° Le *sérum* est un liquide limpide, tirant sur le jaune-verdâtre, visqueux, collant, d'odeur fade et un peu répugnante, de saveur salée. Il est plus léger que le sang entier, et plus pesant que l'eau : sa pesanteur spécifique est de 1022 à 1037, selon Martine, Musschenbroek, Jurin et Haller (1), de 1027 à 1029 suivant Berzelius (2), de 1009 à 1011 chez les hommes bien portans et moindre chez les femmes, d'après Lauer (3). Thackrah (4) a trouvé les deux extrêmes de

(1) *Elem. physiolog.*, t. II, p. 122.
(2) Traité de chimie, t. VII, p. 66.
(3) *Literarische Annalen der gesammten Heilkunde*, t. XVIII, p. 393.
(4) *An inquiry into the natur and properties of blood*, p. 17.

1004 et 1080. Senac (1) évalue le poids d'un pouce cube à trois cent soixante-dix-neuf grains et deux tiers. Desséché en plaques minces, le sérum se couvre, comme tout autre liquide visqueux, de fissures affectant des directions diverses. Mayer (2) dit qu'il éclate alors en tables quadrilatères, dans le milieu desquelles se trouve une partie plus translucide et de forme sphérique.

2° Le *caillot* (*placenta, insula, hepar sanguinis*, appelé aussi *cruor* dans l'acception la plus étendue du mot) a la consistance d'une gelée ferme, de sorte que le doigt y laisse des impressions qui ne tardent cependant pas à s'effacer. Sa surface est d'un rouge clair, le bord translucide et jaunâtre, l'intérieur d'un rouge tirant sur le brun. Sa pesanteur spécifique surpasse non seulement celle du sérum, mais encore celle du sang entier : elle est de 1078 suivant Davy, 1084 d'après Musschenbroek, 1093 suivant Martine, 1126 selon Jurin (3). Aussi occupe-t-il ordinairement le fond du vase : si celui-ci est étroit, il contracte fréquemment adhérence avec les parois, de manière que le sérum se trouve emprisonné et ne peut se réunir qu'au dessous de lui ; mais quelquefois aussi il surnage en vertu de sa texture spongieuse. Après la dessiccation, il est d'un rouge-brun noirâtre, brillant à la surface ; il se brise en feuillets ; sa cassure est mate, dense, avec des éclats et des stries d'un rouge clair.

3° Mais le caillot lui-même n'est qu'un mélange composé d'un tissu filamenteux gris, la fibrine (§ 675), et d'un liquide épais et rouge, le cruor. Sa partie essentielle est donc la fibrine, qui seule se solidifie ou se coagule. Comme la coagulation, qui est le passage de l'état d'expansion ou de liquidité à celui de resserrement ou de solidité, se manifeste nécessairement sous la forme de contraction, il faut que la fibrine abandonne la partie la plus liquide du sang, le sérum, laisse celui-ci dans l'espace d'où elle se retire, et l'exprime même de son tissu à mesure qu'elle se condense davantage,

(1) Traité de la structure du cœur, t. II, p. 301.

(2) *Supplemente zur Lehre vom Kreislaufe*, p. 8.

(3) Haller, *loc. cit.*, t. II, p. 39.

tandis qu'elle retient le cruor, qui est plus épais, a plus de pesanteur et adhère à elle avec plus de force. On détruit cette combinaison en lavant à plusieurs reprises avec de l'eau le caillot, qu'on a soin de remuer fortement et de malaxer ou d'exprimer, après quoi on décante le liquide, qui a dissous le cruor. On doit bien se garder d'agiter violemment ou de fouetter le sang frais, ou de le faire couler des vaisseaux dans de l'eau; car alors la fibrine ne se coagulerait plus qu'en petits flocons et grumeaux, et le cruor se mêlerait au liquide. Souvent aussi une séparation partielle s'effectue d'elle-même, tantôt une portion du cruor se mêlant avec le sérum, qu'elle colore en rouge, et au fond duquel elle produit plus tard un précipité, tantôt une partie du caillot n'étant formée que de fibrine seule et constituant ainsi ce qu'on appelle la couenne (§ 754, V).

4° Comme la séparation du sérum et du caillot résulte immédiatement d'un acte mécanique, la proportion dans laquelle elle a lieu dépend non seulement de la quantité des deux substances qui existe dans le sang, mais encore du degré de cohésion que la fibrine acquiert en se coagulant. Le caillot est très-abondant, proportionnellement au sérum, soit parce que le sang contient une grande quantité de fibrine, soit parce que celle-ci ne se contracte que faiblement, de sorte qu'elle retient beaucoup de sérum dans ses interstices, et *vice versa*. Il faut aussi avoir égard au temps et à d'autres circonstances au milieu desquelles on observe la coagulation : quelquefois le caillot exsude encore du sérum au second jour, et si on le met sur du papier gris, ou qu'on le comprime, il en donne plus qu'il n'en aurait fourni sans cela. Voilà pourquoi on trouve tant de variantes dans l'énoncé des proportions respectives. Ainsi la proportion du caillot au sérum, dans le sang humain, est de 1 : 050 — 0,82, selon Hamberger, 1 : 0,61 suivant Vieussens, 1 : 1 d'après Boyle, 1 : 1,40 suivant Tabor, 1 : 1,66 selon Homberg, 1 : 2 suivant Schwenke, 1 : 3 suivant Quesnay, 1 : 4, suivant Senac, 1 : 7 d'après Boerhaave, 1 : 10 selon Berger, 1 : 12 d'après Rosen (1); Rhades veut

(1) Haller, *loc. cit.*, t. II, p. 47.

qu'elle soit de 1 : 0,42, Thackrah de 1 : 0,74, Gendrin de 1 : 1,66, Thomson de 1 : 3. On obtient des données plus positives en desséchant complétement le caillot, puis comparant le poids de la fibrine et du cruor sec à celui du sang sur lequel on a opéré. Daprès cette méthode, dans mille parties de sang, la proportion du caillot au sérum variait entre 157 : 843 et 208 : 792 selon Rhades (1), ce qui donne pour terme moyen 178 : 822 ; selon Brande, les extrêmes étaient de 94 : 906 et de 158 : 842, le terme moyen de 130 : 870 (2). Prevost et Dumas, en opérant sur mille parties de sang, ont trouvé que les Oiseaux sont ceux chez lesquels le caillot abonde le plus, puisqu'il s'élève à 157 dans la Poule, 155 dans le Pigeon, 150 dans le Canard, 146 dans le Corbeau, 132 dans la Cigogne ; vient ensuite la Tortue, où sa quantité est de 150 ; il y en a moins chez les Mammifères ; savoir, 146 dans le *Simia callitrix*, 129 chez l'homme, 128 dans le Cochon d'Inde, 123 dans le Chat, 102 dans la Chèvre, 93 dans le Lièvre, 92 dans le Cheval, 91 dans le Veau ; moins encore, c'est-à-dire 69, dans la Grenouille ; enfin, moins que partout ailleurs chez les Poissons, savoir, 63 dans la Truite, 60 dans l'Anguille, et 48 dans la Lote. La proportion du caillot humide au sérum, suivant Thackrah (3), est, dans le Chien, de 1 : 0,28—0,50, dans la Brebis de 1 : 0,47, dans le Bœuf de 1 : 0,63, dans le Cochon de 1 : 0,65, dans le Cheval de 1 : 0,76 ; selon Davy, dans le Bœuf de 1 : 0,70 ; d'après Ficinus, dans le Pigeon, de 1 : 0,04, dans le Corassin de 1 : 1,24 ; selon Fiedler, dans le Lapin de 1 : 0,50, et dans le Pigeon de 1 : 0,05—0,009.

** Phénomènes qui accompagnent la coagulation du sang.*

§ 669. Plusieurs phénomènes ont lieu pendant la coagulation du sang.

1° Parent (4) avait déjà remarqué des bulles d'air, qui crèvent et laissent ainsi des vésicules anguleuses dans le caillot. Brande a reconnu que cet air était de l'acide carbonique ; car

(1) *Diss. de sero sanguinis hominis aliisque liquidis animalium*, p. 8.
(2) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1828, p. 337.
(3) *Loc. cit.*, p. 29.
(4) Hist. de l'Acad. des sciences, 1711, p. 24.

il troublait l'eau de chaux (1). Aussi son dégagement est-il considéré par Home (2) et Scudamore (3) comme une circonstance essentielle et une condition de la coagulation; par Berthold (4) comme un phénomène qui favorise cette dernière. Mais Davy nie positivement qu'il ait lieu (5).

2° Comme un dégagement de chaleur accompagne toute condensation, Fourcroy admettait qu'il s'en opère un aussi pendant la coagulation du sang. Mais il ne pourrait être constaté, dans le sang des Mammifères et des Oiseaux, que par le ralentissement du refroidissement, puisque la température de ce liquide surpasse celle de l'atmosphère, avec laquelle elle doit se mettre en équilibre. Gordon, Thomson et Scudamore (6) ont admis en effet qu'il se refroidit avec plus de lenteur; Gendrin (7) dit que le sang descend à vingt-quatre degrés immédiatement après sa sortie des vaisseaux, qu'il conserve cette température pendant la coagulation, et qu'ensuite il se refroidit très-rapidement. Cette opinion a été combattue par J. Davy surtout (8), qui attribue le refroidissement plus lent de la couche supérieure du sang à ce que la chaleur qui rayonne des parties profondes et du fond échauffé du vase, se répand de bas en haut, explication adoptée également par Schrœder van der Kolk (9). Quand Davy remplissait de sang d'un Mammifère une bouteille échauffée et entourée de laine, il conservait sa température primitive pendant la coagulation, et même plusieurs minutes encore après, et ce n'était qu'au bout de dix minutes qu'il se refroidissait d'environ un demi-degré du thermomètre de Fahrenheit. Denis (10) mit du sang d'homme dans un vase entouré d'objets ayant la température du corps humain, et reconnut que le mercure ne montait point dans le

(1) Home, *Lectures*, t. III, p. 13.
(2) *Ibid.*, p. 3.
(3) *Versuch ueber das Blut*, p. 25.
(4) *Beitræge zur Anatomie*, p. 241.
(5) Heusinger, *Zeitschrift fuer die organische Physik*, t. II, p. 394.
(6) *Loc. cit*, p. 56-65.
(7) Hist. anatomique des inflammations, t. II, p. 424.
(8) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. I, p. 117.
(9) *Diss. sistens sanguinis coagulantis historiam*, p. 56.
(10) Recherches expérimentales sur le sang humain, p. 75.

thermomètre pendant la coagulation. Hunter a fait, sous ce rapport, une observation plus décisive encore ; à une température extérieure de quatorze degrés R., celle du sang tiré des vaisseaux d'une Tortue marquait quinze degrés, et le liquide descendit à quatorze pendant le cours même de la coagulation. On conçoit aisément, à part même l'évaporation qui accompagne la coagulation, que celle-ci ne soit point marquée par un dégagement de chaleur, puisqu'il n'y a que la fibrine qui se solidifie, et qu'elle n'entre que pour un quatre-centième environ dans le sang ; aussi n'a-t-on point non plus remarqué d'élévation de température pendant la coagulation du sérum par les acides.

3° Il ne paraît pas non plus, au dire de Schrœder van der Kolk (1), que le sang diminue de volume en se coagulant.

4° Heidemann (2), Treviranus (3) et Gruithuisen (4) ont vu la fibrine se mouvoir pendant les progrès de la coagulation.

5° Suivant Bellingeri (5), l'électricité du sang se met en équilibre avec celle de l'atmosphère durant la coagulation surtout, avant et après laquelle elle change peu.

6° Lorsqu'on examine au microscope du sang desséché, on y découvre, dans la masse rouge, une multitude de zones qui, lorsqu'elles sont étroites, paraissent plus foncées, mais qui, quand elles ont plus de largeur, ressemblent à des lacunes ou à des fissures. Ces fissures proviennent évidemment du retrait que la masse a éprouvé en se desséchant, quoique la coagulation puisse aussi y avoir pris part. Elles affectent des directions diverses, de sorte que la masse comprise entre elles varie également de forme. Ce phénomène paraît tenir surtout à une cause mécanique, notamment à ce que la goutte de sang étant plus épaisse sur un point que sur un autre, il s'est produit plus de caillot dans l'un et davantage de sérum

(1) *Loc. cit.*, p. 57.

(2) Reil, *Archiv*, t. VI, p. 425.

(3) *Biologie*, t. IV, p. 557.

(4) *Beitræge zur Physiognosie*, p. 89.

(5) Bulletin de la Soc. méd. d'Emulation, 1823, p. 643.

dans l'autre; cependant il serait possible aussi qu'on dût y voir la manifestation d'une forme de cristallisation propre au sang. Mayer croit avoir remarqué qu'en vertu de la force plastique vivante inhérente à la fibrine, le sang cristallise en aiguilles coniques, qui s'écartent en rayonnant d'un centre commun, et qui vont en s'élargissant à mesure qu'elles se rapprochent du pourtour de la masse (1) : il ajoute que le cruor forme, au contraire, des tables quadrangulaires, qui présentent un bord de couleur foncée, et, dans le centre, un point rond, ou une sphère de rouge pâle. Suivant lui, ces corps seraient le contenu proprement dit des globules du sang, il leur arriverait quelquefois de se disposer en lignes, mais, dans un verre de montre, ils produiraient au centre des masses sphériques, qui iraient toujours en diminuant vers la circonférence (2). Il me paraît que ces formations tiennent, pour la plus grande partie, à des circonstances purement mécaniques. Le sang ne prend la forme rayonnée attribuée à la fibrine que quand on le laisse sécher dans un verre de montre ou autre corps creux analogue; les fissures qui se produisent nécessairement pendant la dessiccation, s'étendent du point où le sang est accumulé en plus grande quantité, vers celui où il forme la couche la plus mince, et vont par conséquent en rayonnant du centre à la circonférence; souvent aussi il se forme des fissures transversales dans les rayons, de sorte que le tout représente une voûte bâtie en briques, et au pourtour, où la masse était plus mince que partout ailleurs, de légères fentes, simulant des stries de couleur foncée, s'entrecroisent sans régularité les unes avec les autres, de manière à faire naître là une apparence celluleuse. Si le sang a été séché sur une surface plane, tantôt il ne présente qu'un réseau produit par des fissures irrégulières, tantôt il offre des formes qui semblent plus régulières, quoiqu'elles ne soient pas moins accidentelles, par exemple un centre à petites cellules, entouré d'une fissure irrégulièrement annulaire, d'où partent d'autres fissures, qui

(1) *Supplemente zur Lehre vom Kreislaufe*, p. 7-10.

(2) *Ibid.*, p. 14.

s'étendent en rayonnant vers la périphérie, laissant entre elles des espaces de couleur plus foncée, et à la circonférence un réseau à masses serrées, résultant de fibres éparses en toutes sortes de directions. Si le sang a été étendu d'eau avant qu'on le soumît à la dessiccation, les formes les plus diverses se montrent associées ensemble; par exemple, une partie garnie de petits points et de stries très-fines, qu'entoure une couronne de vésicules, d'où partent des zones allant gagner en ligne droite la circonférence, marquée par un rebord de couleur foncée; des vésicules éparses, entourées d'un réseau celluleux; des coagulations en forme de filamens, d'étoiles à quatre ou cinq branches, de pattes d'oie, etc.; mais surtout des dendrites incolores, en lignes droites, souvent symétriques, qui se composent de troncs longitudinaux fournissant à angle droit des branches transversales, d'où parfois aussi se détachent, également à angle droit, de courts rameaux longitudinaux. (Ces fissures n'ont rien de commun avec la cristallisation; elles dépendent entièrement de la forme de la goutte de sang étalée, et de la disposition plane ou concave du porte-objet. Il s'en produit de semblables dans tous les liquides animaux visqueux qui se dessèchent, et Fontana, par exemple, en a décrit d'analogues dans le venin de la vipère soumis à la dessiccation. Comme la masse adhère au porte-objet, elle ne peut pas se contracter à mesure que la dessiccation diminue son volume, et il doit, par conséquent, s'y produire des fissures, qui, sur un porte-objet concave, sont plus considérables vers le bord, plus faibles dans le milieu, où la masse est plus épaisse et où les particules conservent plus de cohérence les unes avec les autres. Ces fissures ne paraissent différer en rien de celles d'une masse de terre qui se dessèche) (1).

Il serait plus instructif d'observer la coagulation elle-même au microscope, si cette observation pouvait être faite avec toute l'exactitude désirable. On voit naître à la surface une pellicule, qui ne montre pas de parties discernables, et au dessous de laquelle se forme un tissu celluleux. Suivant Ma-

(1) Addition de J. Muller.

gendie (1), les mailles de ce tissu grandissent peu à peu par la contraction de la fibrine, tandis qu'elles disparaissent sur certains points; entre la partie centrale colorée et la circonférence transparente, il resterait des ramifications, qui s'uniraient ensemble à la manière des vaisseaux ou mieux des nervures d'une feuille. Home (2) prétend que le caillot entier du sang est parsemé de canaux ramifiés et réunis en forme de réseau, qui, lorsqu'on place le caillot, dans une dissolution de colle de poisson colorée, sous le récipient de la machine pneumatique, exhalent du gaz acide carbonique et se remplissent de cette masse : suivant lui, ils seraient produits par le gaz acide carbonique qui se développe pendant la coagulation, de sorte qu'on ne les observerait pas dans le sang auquel on aurait soustrait son acide gazeux en le soumettant à l'action de la pompe ; il ajoute que ces conduits se déchirent pendant la dessiccation. Je n'ai pas pu parvenir à les voir (*)

*** Phénomènes accessoires de la coagulation du sang.*

§ 670. Passons maintenant à l'étude des circonstances accessoires de la coagulation.

1° La coagulation présente quelques variétés chez les différens animaux. Ce qui paraît avéré, c'est que, de tous les sangs, celui des Oiseaux se coagule le plus vite, celui des Reptiles et des Poissons avec le plus de lenteur. Mais, pour déterminer le rapport d'une manière exacte, il faudrait des observations multipliées, que nous ne possédons point encore, car les circonstances individuelles sont la source d'une grande diversité. Suivant Blundell (3), le sang des Chiens commence au bout de dix secondes à se coaguler, et au bout d'une minute il est déjà entièrement solide, tandis que celui de l'homme ne s'épaissit qu'après une minute au plus tôt et en exige cinq pour prendre l'état solide. D'après Thackrah (4), la coagulation demande

(1) Précis élémentaire de physiologie, t. II, p. 308.

(2) *Loc. cit.*, t. III, p. 9-13.

(*) Comparez, sur la coagulation du sang, Raspail, Nouv. syst. de chim. organique, p. 372, pl. IV, fig. 15.

(3) *Physiological and pathological researches*, p. 130.

(4) *Loc. cit.*, p. 29.

cinq à treize minutes pour le sang du Cheval, deux à dix pour celui du Bœuf, une demie à trois pour celui du Chien, une demie à une et demie pour celui de la Brebis, du Cochon et du Lapin, une demie à une pour celui de l'Agneau, une à deux pour celui du Canard, une demie à une et demie pour celui de la Poule. Fiedler (1) dit que le sang des Pigeons s'épaissit instantanément, et qu'il est solidifié au bout de cinq minutes, mais que c'est seulement au bout de vingt-sept minutes qu'il commence à abandonner du sérum, tandis que celui des Lapins ne devient épais qu'au bout de huit minutes, abandonne du sérum au bout de vingt-deux, et en exige vingt-sept pour acquérir la même solidité que celui des Pigeons au bout de cinq.

Chez les animaux sans vertèbres, la coagulation est bien plus incomplète. Il résulte des observations de Carus (2) que le sang du Limaçon des vignes se coagule en deux ou trois minutes, et qu'il se partage en un tiers de sérum et deux tiers d'un caillot semblable à du gluten peu épais. Celui de l'Ecrevisse se coagule en une minute, suivant le même auteur, et donne un caillot à la fois plus abondant et plus ferme. Mais Gaspard assure que le sang du Limaçon des vignes ne fait que se séparer en un liquide surnageant bleu, et en un autre plus pesant, incolore, quoique un peu opaque (3); Erman dit également qu'il ne se partage point en caillot et en sérum, et que c'est au bout de plusieurs semaines seulement qu'il donne, par la putréfaction, un précipité pulvérulent (4). Selon Blainville (5), le sang rouge des Annélides ne se coagule pas non plus, mais laisse, en s'évaporant, une masse gélatineuse qui, après la dessiccation, peut se redissoudre dans l'eau et reprendre le même aspect qu'auparavant; il ne s'en sépare pas non plus de matière colorante spéciale.

2° La coagulation ne tient point à ce que le sang entre en contact avec l'air; car elle survient même lorsque, immédiate-

(1) *Diss. de columbarum sanguine.* Berlin, 1824, in-8°.
(2) *Von den æussern Lebensbedingungen*, p. 86.
(3) Journal de Magendie, t. II, p. 295.
(4) *Abhandlungen der Akademie zu Berlin*, 1816-1817, p. 209.
(5) Cours de physiolog. générale, t. I, p. 305.

ment à sa sortie du vaisseau, on reçoit ce liquide dans un flacon bouché, de même qu'elle s'accomplit, après la mort, dans l'intérieur des cavités closes du corps, tandis qu'on ne l'observe pas après avoir injecté de l'air dans les vaisseaux d'animaux vivans, ou quand, sur des cadavres humains, on trouve de l'air mêlé avec le sang. Mais le contact de l'air la favorise certainement ; il la rend et plus rapide et plus complète ; elle a lieu plus faiblement dans un vase étroit ou fermé que dans un vaisseau plat et ouvert (1). Ce phénomène ne paraît point tenir à une action chimique ; car, quoique Scudamore (2) prétende le contraire, il a été démontré, par les recherches de Davy (3) et de Schrœder (4), que la coagulation ne s'opère pas autrement dans le gaz oxygène ou dans le gaz acide carbonique, que dans l'air atmosphérique ; elle ne présente même pas de différence sensible dans le gaz hydrogène (5). Nous devons donc présumer que l'évaporation exerce ici de l'influence, et ce qui le confirme, c'est que, d'après les observations de Hunter, de Thackrah (6) et de Scudamore (7), le sang qui coule lentement, goutte à goutte, et sur une grande surface, se coagule d'une manière plus rapide, quoique le sérum se sépare moins complétement du caillot ; d'ailleurs, suivant la remarque de Gendrin (8), la coagulation est plus lente par un temps humide, tandis que, au dire de Hunter et de Scudamore, elle marche avec plus de rapidité sous le récipient de la machine pneumatique. A la vérité, Davy révoque ce dernier phénomène en doute, mais à tort. Or comme, d'après Scudamore (9), la plus grande abondance de l'évaporation dans l'air raréfié y fait refroidir le sang plus vite que dans l'atmosphère, cette circonstance pourrait bien

(1) Schrœder, *loc. cit.*, p. 9.
(2) *Versuch ueber das Blut*, p. 50.
(3) Froriep, *Notizen*, t. XXIII, p. 294.
(4) *Loc. cit.*, p. 81.
(5) *Ibid.*, p. 47.
(6) *Loc. cit.*, p. 37.
(7) *Versuch ueber das Blut*, p. 34.
(8) *Loc. cit.*, t. II, p. 426.
(9) *Versuch ueber das Blut*, p. 20.

être la cause de l'accroissement de célérité qu'éprouve la coagulation.

3° Mais la coagulation ne repose pas d'une manière essentielle sur le refroidissement. Ce qui le démontre déjà, c'est qu'elle s'observe dans le sang des Reptiles et des Poissons, dont la température change peu ou point après sa sortie du corps ; c'est aussi que le sang, lorsqu'on l'expose à un grand froid, gèle sans se coaguler, puis redevient liquide à la chaleur, et se coagule alors comme le ferait du sang frais, phénomène dont nous devons la connaissance à Hewson (1). Ce même observateur a reconnu, en outre, que la coagulation est hâtée par la chaleur; du sang plongé dans un bain-marie marquant trente à trente-trois degrés de l'échelle réaumurienne, se coagula plus vite que le même sang à l'air dont la température était de dix à quinze degrés (2); de deux lambeaux de veine jugulaire d'un Chien, qu'on avait compris entre deux ligatures, puis excisés, l'un fut plongé dans de l'eau froide, et l'autre dans de l'eau chaude; au bout de trois quarts d'heure, le sang du dernier était coagulé, tandis que celui du premier conservait encore sa liquidité (3) ; des lambeaux analogues de veine ayant été mis dans de l'eau ou de l'huile à deux degrés, le sang s'y trouva liquide encore au bout de six heures, et ce fut seulement au bout de vingt-quatre heures qu'il s'y montra un peu épaissi (4). J. Davy a remarqué également que le sang demeurait liquide pendant plus d'une heure à zéro. Scudamore (5) a vu aussi que la coagulation s'opérait plus promptement à chaud qu'à froid, et que du sang auquel trois minutes suffisaient pour se coaguler dans un flacon où on le laissait refroidir lentement, ne passait à l'état solide qu'au bout de cinq minutes dans une tasse, permettant un refroidissement plus rapide, et de sept dans une soucoupe, où sa température baissait encore plus vite (6), ce

(1) *Loc. cit.*, t. I, p. 19.
(2) *Ibid.*, p. 3.
(3) *Ibid.*, p. 74.
(4) *Ibid.*, p. 75.
(5) *Versuch ueber das Blut*, p. 17.
(6) *Ibid.*, p. 36.

qui, à la vérité, est en contradiction avec les observations rapportées plus haut. Gendrin (1) dit aussi que la séparation du caillot et du sérum a lieu avec d'autant plus de rapidité que la température est plus élevée, et qu'elle ne s'opère point à zéro; cependant il assure avoir observé qu'elle commence plus tôt en hiver qu'en été, ce qui tient peut-être à ce que l'état de la vie n'est point le même pendant cette saison de l'année.

Quant à la détermination précise du degré de chaleur, J. Davy croyait avoir remarqué que la coagulation est un peu plus lente à trente degrés de l'échelle réaumurienne et plus rapide à trente-huit, que de vingt à vingt-cinq. Il est plus positif qu'une température égale à celle du corps vivant favorise plus que toute autre la coagulation du sang, ce qui résulte des observations faites par Hewson (2), Schrœder (3) et Thackrah (4). Ce dernier prétend cependant que la coagulation, qui s'opère en deux minutes de trente à trente-neuf degrés du thermomètre de Réaumur, exige dix secondes de plus depuis quatre jusqu'à huit, et quatre minutes depuis douze jusqu'à vingt-cinq, quoique d'ailleurs la séparation du sérum soit plus facile et plus abondante à une haute température.

5° Enfin, le sang sorti des vaisseaux ne se coagule pas parce qu'il cesse de se mouvoir, car, lorsqu'on le fouette, toute la fibrine qu'il contient se solidifie; mais, l'agitation ne lui permettant pas de se prendre en masses d'un grand volume, elle ne produit que des fibres ou des flocons qu'on ne découvre qu'en opérant la filtration. Le sang n'a donc par là perdu qu'en apparence sa coagulabilité, puisque le seul de ses principes qui soit susceptible de coagulation, a pris l'état solide, mais s'est réduit en molécules très-divisées. Suivant Thackrah (5), le mouvement artificiel retarderait la coagulation; mais Scudamore (6) a trouvé que le sang se coagule plus vite quand on le fouette que quand on le laisse en repos, et Davy, qui le

(1) *Loc. cit.*, t. II, p. 424.
(2) *Loc. cit.*, p. 5.
(3) *Loc. cit.*, p. 48.
(4) *Loc. cit.*, p. 38
(5) *Loc. cit.*, p. 38.
(6) *Versuch ueber das Blut*, p. 34.

contredit sur tant de points, est d'accord avec lui quant à celui-là.

b. *Putréfaction du sang.*

§ 671. Nous avons peu de chose à dire de la putréfaction, dernier changement qu'éprouve le sang sorti des vaisseaux. Elle dépend de l'eau que ce liquide renferme; car le sang évaporé jusqu'à siccité, ou le caillot desséché, ne la subit qu'à la condition qu'on y ajoute de l'eau. C'est sous l'influence d'un air chaud et humide qu'elle se développe le plus rapidement, au bout d'environ deux ou trois jours; dans les cas ordinaires, elle n'a lieu que du troisième au quatrième jour; elle s'établit plus tard dans des vaisseaux clos. Le sang qui la subit devient d'un brun foncé et fétide; le caillot se ramollit, se liquéfie, et se confond avec le sérum en un liquide onctueux homogène, qui contient des flocons membraniformes bruns et noirs. Ce liquide ne se coagule point à l'air, mais la chaleur de l'ébullition et l'alcool y font naître la coagulation. Il absorbe l'oxygène de l'air atmosphérique, et, au dire de Hunefeld (1), cette absorption est quelquefois accompagnée de phosphorescence; il se dégage du gaz acide carbonique, du gaz hydrogène sulfuré et du carbonate d'ammoniaque, tandis qu'en même temps se forme une substance grasse. Au bout d'un certain laps de temps, le sang est converti en une masse épaisse, extractiforme, et enfin il n'en reste plus qu'une terre animale, qui ressemble au charbon produit par la combustion, mais qui est grasse et onctueuse.

Les dissolutions des principes immédiats du sang (§ 675) deviennent troubles quand la putréfaction commence à s'emparer d'elles; elles déposent une substance floconneuse, qui paraît contenir de la graisse, et qui est soluble en partie dans l'ammoniaque; elles dégagent aussi de l'ammoniaque.

B. *Changemens provoqués dans le sang.*

§ 672. Si, pour approfondir la nature du sang, nous observons les changemens auxquels donnent lieu les puissances ou substances que nous faisons agir sur lui, nous arrivons à

(1) *Archiv fuer die gesammte Naturlehre*, t. VI, p. 481.

des résultats qui souvent diffèrent ou même sont opposés entre eux dans les divers cas. Cette différence dépend d'abord des rapports de quantité : suivant que la puissance est plus ou moins forte, la substance plus ou moins concentrée, l'action plus ou moins prolongée, et la masse du sang sur laquelle on opère plus ou moins considérable, il se manifeste des phénomènes divers. Les circonstantes concomitantes exercent en outre une grande influence, de telle sorte, par exemple, qu'une même réaction donne des résultats tout-à-fait différens suivant la température. Il faut aussi avoir égard à la méthode préparatoire dont on se sert, à la manière dont on traite le sang avant de le mettre en expérience, et au temps qui s'est écoulé depuis sa sortie des vaisseaux. De légères modifications, en tout autre cas à peine appréciables, dans la composition d'une seule et même substance, occasionent également des différences notables, à cause de la susceptibilité extrême du sang; ainsi, par exemple, l'acide phosphorique récemment préparé agit d'une autre manière que celui dont la préparation date déjà de huit jours. Enfin le sang est modifié à tel point, non seulement suivant l'espèce, l'âge, le sexe et les individus, mais encore selon l'état présent de la vie dans chaque individu, que sa manière de se comporter avec tel ou tel réactif peut varier par cela seul, et cependant ces modifications sont si légères que, la plupart du temps, les effets seuls nous révèlent leur existence, qu'il nous est impossible de constater en elle-même.

Toutes ces circonstances réunies rendent l'étude chimique du sang extrêmement difficile; si nous traçons un tableau général de l'action d'une puissance, nous courons risque de généraliser ce qui ne dépendait que de certaines circonstances, et si nous entrons dans tous les détails de chaque résultat, nous nous perdons au milieu des minuties, sans pouvoir arriver à rien de général. Nous sommes encore dans l'attente d'un homme de génie qui examine l'histoire du sang d'une manière complète et qui sache en déduire des vues exactes et élevées. L'état d'imperfection de la science excusera les lacunes qu'on pourra remarquer dans l'exposé suivant (§ 673-687).

1. ACTION DES IMPONDÉRABLES SUR LE SANG.

§ 673. Parmi les substances dites impondérables qui peuvent agir sur le sang, se rangent la lumière, l'électricité et la chaleur.

I. L'action de la *lumière* sur ce liquide est faible. Heidemann pense que le sang se coagule plus vite à la lumière solaire qu'à l'ombre (1); mais on pourrait demander quelle est la part qui revient à la chaleur dans la production de ce phénomène.

II. L'*électricité* influe sur la température, la coagulabilité et la composition du sang.

1° Wilson (2) a vu le sang se refroidir moins vite sous l'influence du galvanisme; mais cet effet pouvait fort bien dépendre de l'élévation de la température des fils conducteurs: car Schubler a prouvé non seulement que le sang se refroidit par l'électricité, comme le mercure et l'huile, mais encore qu'il descend, comme l'eau, à deux degrés au dessous de la température du milieu ambiant (3). Il suit de là que le premier effet de l'électricité paraît être d'accroître l'évaporation; car cette dernière est sans contredit la cause du refroidissement.

2° D'après Schrœder (4) et Scudamore (5), le galvanisme hâterait la coagulation du sang. Gendrin dit aussi qu'elle a lieu plus promptement par un temps orageux (6). Mais Rossi s'est convaincu que le sang se coagule avec plus de lenteur dans l'air électrisé, qu'il y donne et un caillot plus petit, plus mou, et un sérum plus jaunâtre (7). Schubler a constaté, par des recherches exactes, que l'électricité en général, et la négative en particulier, retardaient la coagulation, mais que l'électricité positive l'empêchait dans les couches supérieures, de manière que la surface paraissait comme dissoute.

(1) Reil, *Archiv*, t. VI, p. 423.
(2) *Ueber die Gesetze der Functionen des Lebens*, p. 195.
(3) Poggendorff, *Annalen der Physik*, t. XXXIX, p. 318, 344.
(4) *Loc. cit.*, p. 84.
(5) *Versuch ueber das Blut*, p. 46.
(6) *Loc. cit.*, t. II, p. 426.
(7) Bullet. de la Soc. méd. d'Émulation, 1823, p. 634.

Ce retard est dû, suivant toutes les apparences, à l'abaissement de la température.

3° Le sang prend une couleur rouge plus vive, suivant Schrœder (1), par l'effet des commotions électriques, et selon Rossi, dans l'air électrisé. Brande a remarqué que le sang renfermé dans le cercle de la pile voltaïque devient fortement alcalin et noir au pôle négatif, faiblement acide et vermeil au pôle positif (2). Krimer, au contraire, l'a vu prendre une teinte plus foncée et se liquéfier au pôle positif (3). La différence de ces résultats tient peut-être à celle de la durée et de l'intensité de l'action galvanique. Suivant Schubler (4), le sang liquide devient écarlate et alcalin, avec dégagement de bulles d'air, au pôle négatif, tandis qu'au pôle positif, l'acide qui se développe le dissout et le rend noir; là, en effet, un anneau de couleur foncée, tirant sur le noir, se forme autour du conducteur, le caillot se creuse d'une dépression, comme s'il avait été corrodé, et le sérum acquiert une teinte de noir rougeâtre, due probablement à du cruor noirci qui s'y est dissous.

4° Schrœder a remarqué encore que le sang qu'on avait soumis à des commotions électriques, ou sur lequel on avait fait agir le galvanisme, tombait en putréfaction plus tôt qu'il n'a coutume de le faire.

III. Le sang s'empare très-facilement de la *chaleur;* s'il est à la température de l'air, et qu'on y plonge le doigt, on éprouve une sensation de froid. Il ne tarde pas non plus à s'échauffer sur le feu.

5° Une chaleur médiocre suffit pour le coaguler.

S'il a été étendu d'eau, on voit d'abord une écume verdâtre paraître à sa surface, puis un précipité gris se former; ensuite il se dépose des flocons plus abondans, après la séparation desquels, par le filtre, la liqueur offre une teinte rouge vermeille et conserve encore l'aptitude à se coaguler. En faisant agir plus long-temps la chaleur, on obtient un coagulum

(1) *Loc. cit.*, p. 83.

(2) Home, *Lectures*, t. V, p. 156.

(3) *Versuch einer Physiologie des Blutes*, p. 314.

(4) *Loc. cit.*, p. 320.

abondant et gris verdâtre ; la liqueur filtrée est d'un jaune pâle, et ne se coagule point par l'addition de l'alcool.

Le sang pur s'épaissit promptement à la chaleur, puis s'y dessèche, et se convertit, ou en une masse solide, d'un brun foncé, ou, si on l'a remué sans cesse, en une poudre noirâtre, qui paraît grasse au toucher, n'éprouve aucun changement dans les vases clos, s'humecte un peu à l'air, et se couvre, au bout de quelques mois, d'une efflorescence de carbonate de soude. Si l'on opère cette coagulation à l'aide d'une douce chaleur, dans un appareil distillatoire, il passe un liquide aqueux, qui répand une faible odeur animale, se coagule à une chaleur plus élevée, ne tarde pas à se putréfier lorsqu'on le conserve, dépose des flocons, et verdit le sirop de violette. Ce liquide est sans doute identique avec la vapeur qui se dégage du sang à la température ordinaire (§ 667, 2°).

6° A une plus forte chaleur, le sang coagulé sec entre en fusion, se boursoufle, répand des vapeurs grises, qui ont l'odeur de la corne brûlée, et brûle avec une flamme brillante. Le charbon qui reste est brillant, noir et difficile à incinérer ; d'abord dense et solide, il devient, par les progrès de la combustion, spongieux, très-léger et facile à écraser. La cendre est d'un jaune rougeâtre : elle contient du phosphate, de l'hydrochlorate et du carbonate de soude, du phosphate et du carbonate de chaux, du phosphate de magnésie, du phosphate de fer, quelquefois aussi des traces de manganèse et de silice. Si la combustion a lieu dans un appareil distillatoire, indépendamment du gaz acide carbonique, qui peut déjà s'être développé avant la combustion, on obtient les produits volatils de la décomposition, du gaz hydrogène carboné et du gaz hydrogène sulfuré ; de l'ammoniaque, provenant de la combinaison de l'hydrogène avec l'azote ; de l'acide hydrocyanique, composé d'azote, d'hydrogène et de carbone ; de l'huile empyreumatique, qui est en partie rouge et légère, en partie noire et épaisse, et qui diffère de l'huile végétale par le phosphore et l'azote qu'elle contient, comme aussi par la grande facilité avec laquelle elle s'altère à l'air et à la lumière. Si l'on brûle du sang desséché avec de la potasse, l'acide hydrocyanique qui se produit est fixé par cette der-

nière, en même temps qu'il se combine avec le fer, de sorte que la dissolution aqueuse (lessive du sang) contient, entre autres sels, du cyanure de potassium et de fer.

Suivant Krimer (1), le sang frais, soumis à la distillation, donne beaucoup de gaz acide carbonique et peu d'ammoniaque, tandis qu'on obtient du sang putréfié beaucoup d'ammoniaque, avec laquelle l'acide carbonique est combiné.

2. ACTION DES SUBSTANCES PONDÉRABLES SUR LE SANG.

§ 674. 1° En ce qui concerne les *gaz :*

Le sang, mis en contact avec l'air atmosphérique, devient écarlate à sa surface, tandis qu'il conserve une teinte de rouge foncé dans tous les points que l'air n'a pas touchés. Si l'on retourne alors le caillot, lorsqu'il a pris assez de consistance pour que le cruor ne puisse plus y changer de place, les couleurs subissent un changement analogue. Si l'on agite du sang noir avec de l'air, dans un flacon, il devient vermeil.

La couleur rouge prend plus d'éclat encore dans le gaz oxygène, où le sang se coagule avec plus de promptitude, en même temps qu'il s'y partage en un caillot plus ferme et un sérum plus limpide; mais si l'action du gaz oxygène se prolonge, le sang acquiert une teinte plus foncée, et finit par devenir noirâtre, comme lorsqu'on le mêle avec des acides.

Dans le gaz acide carbonique, le sang prend une couleur plus sombre, et son rouge tire alors tantôt sur le bleu, tantôt sur le brun; il se coagule avec plus de lenteur, et se partage d'une manière moins complète; le caillot est plus mou, le sérum trouble.

Le gaz hydrogène fonce également la couleur du sang.

Cet effet est plus sensible encore lorsqu'on opère avec du gaz hydrogène sulfuré.

Le gaz oxidule d'azote fait prendre au sang une teinte purpurine.

J. Davy a nié dernièrement l'action chimique des gaz sur le sang, notamment l'influence de l'air atmosphérique et du gaz oxygène pour aviver sa couleur rouge. Nous ne citons ici cette

(1) *Loc. cit.*, p. 248.

particularité qu'à titre de phénomène littéraire, car nous serons obligés d'y revenir encore lorsque nous étudierons la métamorphose que le sang éprouve dans les poumons.

2° Le sang a une grande affinité pour l'*eau;* il en absorbe la moitié de son poids, et jusqu'à un poids égal au sien. Ce phénomène s'observe même dans le caillot, qui augmente par là de volume, et dont la proportion au sérum était de 3,26 : 1, dans les expériences faites par Hey (1), tandis que, sans addition d'eau, elle n'est que de 2,45 : 1. On dit qu'une plus grande quantité d'eau dissout le sang liquide, et qu'en particulier vingt parties de ce liquide l'empêchent de se coaguler; mais une telle assertion paraît ne reposer que sur une pure illusion. En pareil cas, la fibrine se coagule, comme si l'on n'avait point ajouté d'eau; mais, étant comparativement moins abondante (§ 684), et délayée dans une très-grande quantité de liquide, elle est réduite en molécules d'une ténuité extrême, et devient d'autant moins visible, que le cruor se dissout et ne s'attache point à elle; cependant elle ne tarde point à devenir sensible à la vue, car elle se précipite au fond de l'eau.

Si l'on verse de l'eau sur le caillot du sang, et qu'on la renouvelle tous les jours, il ne reste plus que fort peu de cette masse au bout d'un mois; mais le résidu doit être la totalité de la fibrine que contenait le sang, à moins qu'une partie ne soit devenue soluble dans l'eau par décomposition. En effet, le caillot ramolli par l'eau tombe plus promptement en putréfaction, et, après avoir déposé le cruor devenu plus foncé, il se trouve converti en une espèce d'adipocire.

L'eau chaude produit, en vertu de sa chaleur, des caillots dans lesquels de la fibrine se trouve unie à du cruor et à de l'albumine; une ébullition prolongée décompose ces grumeaux, dont elle convertit une partie en osmazome, qui se dissout dans l'eau.

3° Les *acides* qu'on mêle avec le sang liquide déterminent la coagulation de toutes les parties qui en sont susceptibles, et rendent presque toujours la couleur plus foncée. Ce dernier effet est surtout produit par l'acide sulfurique, qui, ainsi que le chlore, colore le sang en noir.

(1) Thackrah, *loc. cit.*, p. 40.

L'action exercée sur les principes coagulés du sang (albumine, cruor et fibrine) varie sous plusieurs rapports, et en premier lieu quant au degré.

Dans des acides forts et concentrés, le coagulum se gonfle, se ramollit et devient semblable à une gelée ferme, mais en même temps onctueux ou fragile. Pendant que ce changement a lieu en lui, il se décompose, principalement sous l'influence d'une température élevée, et l'acide s'empare d'une partie de la combinaison nouvelle ainsi produite, qu'on peut en précipiter par l'addition de l'eau, de l'alcool ou d'un alcali, tandis que le reste demeure indissous.

Les acides plus faibles ou étendus exercent une influence telle sur le coagulum du sang, à la température ordinaire, qu'il se resserre sur lui-même et devient insoluble dans l'eau. Si alors on enlève l'excès d'acide par des lavages répétés, ou si l'on n'a employé qu'un acide doué d'une faible action, on obtient une combinaison dans laquelle l'acide et le coagulum du sang se font équilibre, c'est-à-dire un composé neutre, en quelque sorte salin, et soluble dans l'eau; mais les matériaux immédiats du sang ont perdu leurs propriétés primitives, par exemple, celle de se coaguler par l'action de la chaleur, et ils sont plus ou moins décomposés.

En second lieu, la qualité des acides et leur affinité pour le sang exercent de l'influence.

Les acides qui agissent le plus puissamment sont ceux dont la composition s'éloigne le plus de celle du sang, l'acide sulfurique et l'acide nitrique. Ils abandonnent une partie de leur oxygène au sang, lui enlèvent une portion de son azote, soit pur et à l'état de gaz, soit uni à de l'hydrogène et constituant de l'ammoniaque, soit combiné avec du carbone et de l'hydrogène, et produisant de l'acide hydrocyanique, de sorte que la partie qui ne consiste qu'en oxygène, carbone et hydrogène, reste à l'état de graisse, de charbon, d'acide oxalique, et d'acide acétique ou d'acide malique. L'acide hydrochlorique agit avec moins d'intensité, et ne dégage de l'azote qu'avec le secours de la chaleur; à la température ordinaire, il donne une dissolution de laquelle l'eau précipite une combinaison neutre de principe constituant du sang avec l'acide.

Mais l'acide acétique met le coagulum du sang immédiatement dans l'état qui lui permet d'être dissous par l'eau chaude. L'acide phosphorique récemment préparé se comporte à la manière des acides sulfurique et nitrique, tandis que l'action de celui que l'on conserve depuis quelque temps se rapproche de celle de l'acide acétique.

L'acide sulfurique précipite les substances liquides sous la forme d'un caillot acide et insoluble ; il fait prendre une couleur foncée aux substances coagulées, les ramollit en une sorte de gelée, en dissout une partie, surtout à l'aide de la chaleur, et produit ainsi une liqueur d'un brun rouge ou noire ; il dégage de l'ammoniaque, de sorte qu'il reste du charbon, avec de la graisse et de l'acide acétique. Mais, à chaud, il dégage en outre des gaz acide carbonique, acide sulfureux, hydrogène sulfuré, et hydrogène carboné, et ne laisse alors pour résidu qu'un peu de charbon.

L'acide nitrique dégage de l'azote ou du gaz nitreux, du gaz acide carbonique et du gaz acide hydrocyanique, et forme de la graisse, avec de l'acide oxalique, ou même de l'acide malique.

L'acide acétique, comme tous les acides végétaux, et l'acide phosphorique conservé depuis long-temps, ne produisent ni coagulation ni précipitation de matériaux existans à l'état liquide dans le sang, et convertissent ceux qui sont coagulés en une gelée soluble dans l'eau.

4° Le *chlore* sépare les matériaux organiques et inorganiques du sang ; il précipite l'albumine et le cruor, et laisse la soude, la chaux, la magnésie et le fer dissous, à l'état de combinaison avec de l'acide hydrochlorique.

5° Les *alcalis* carbonatés agissent peu ; mais les alcalis caustiques donnent au sang une couleur plus foncée, et l'empêchent de se coaguler : ils rendent les matériaux liquides plus liquides encore et plus colorés ; ceux qui sont coagulés deviennent d'un rouge plus foncé, bruns, noirs, mous, renflés, gélatineux : enfin ils produisent une dissolution d'un brun jaunâtre ou rougeâtre, qui se trouble quand l'alcali attire à lui de l'acide carbonique, et qui précipite par tous les acides, tandis que les précipités produits par les acides sont redissous

par les alcalis. L'ammoniaque exerce aussi une action dissolvanté, et quand un commencement de décomposition a fait précipiter le cruor tenu en dissolution dans l'eau, elle le redissout, et rougit de nouveau la liqueur qui était devenue incolore.

6° Les *sels alcalins neutres* avivent la couleur rouge du sang, et empêchent plus ou moins ce liquide de se coaguler; ce dernier effet est surtout produit par l'hydrochlorate d'ammoniaque, le sulfate de potasse, le sulfate de magnésie et le tartrate de soude. Ils font prendre aussi une teinte vermeille au caillot.

Les *sels terreux* éprouvent une décomposition; leur acide se combine avec la soude du sang, et leur terre se précipite, unie à l'acide phosphorique de ce liquide.

7° La plupart des *sels métalliques*, notamment ceux de plomb, d'argent et de mercure, précipitent les matériaux du sang encore liquides, comme aussi ceux qui sont dissous dans des acides ou des alcalis; leurs métaux forment avec ces principes des composés insolubles, qui ne craignent point la putréfaction, tandis que leur acide se combine avec la soude du sang.

8° L'*alcool* coagule les matériaux liquides du sang, et condense ceux qui sont coagulés. Avec le concours de la chaleur, il en dégage une graisse fétide, qu'il dissout en partie, et que l'eau précipite de la liqueur, ou qui reste après l'évaporation.

L'*éther* agit de la même manière.

9° L'*infusion de noix de galle* donne une couleur noire au sang et augmente la densité du caillot. Elle précipite les matériaux encore liquides, ou dissous soit dans des acides, soit dans des alcalis, sous la forme d'une substance d'un brun jaunâtre, visqueuse, insoluble dans l'eau et à l'abri de la putréfaction.

10° Le *lait*, l'*urine*, la *bile*, retardent la coagulation. Suivant Home (1), du sang frais s'empare d'une quantité d'urine égale à la sienne, en se coagulant. Le caillot, arrosé trois fois par

(1) *Loc. cit.*, t. V, p. 112-119.

jour avec de l'urine fraîche, était totalement dissous au bout de trois semaines ou d'un mois, sans avoir subi de putréfaction. De même, chez les hommes vivans dans la vessie desquels du sang s'est épanché et même coagulé, ce liquide se dissout peu à peu dans l'urine, avec laquelle il sort.

ARTICLE II.

De la constitution du sang.

I. Matériaux immédiats du sang.

A. *Matériaux organiques.*

1. SUBSTANCES ORGANIQUES QUI SE SÉPARENT D'ELLES-MÊMES.

§ 675. Le sang se sépare de lui-même en trois parties différentes, un liquide limpide comme de l'eau, un liquide rouge, et une substance solide. Conformément à la nature, nous reconnaîtrons donc en lui trois principes immédiats ou essentiels, savoir : l'*albumine* (*albumen, materia albuminosa*), qui, avec de l'eau et des sels, représente le sérum ; le *cruor*, que Parmentier et Deyeux appelaient *tomelline*, mais auquel plusieurs chimistes modernes ont donné la dénomination d'*hématine*, ou de *zoohématine*, *phœnodine* ou *hématochroïte* de Hunefeld, *hématosine* de Blainville, noms tous équivoques, puisqu'ils servent aussi à désigner une substance particulière de laquelle on fait dépendre la couleur du cruor ; enfin la *fibrine* (*fibrina, materia fibrosa*), appelée autrefois *lymphe* ou *lymphe plastique*, et que Moscati a aussi nommée *mucus*. Ces trois substances, auxquelles nous imposerons le nom collectif de *matériaux immédiats du sang*, sont les plus importantes pour nous, parce qu'un traitement fort simple et n'opérant aucune autre décomposition suffit pour les séparer, de manière que nous pouvons en toute assurance les considérer comme véritables principes constituans du sang, comme substances dont la production n'est point le résultat d'une opération chimique.

1° On obtient la fibrine en lavant le caillot avec de l'eau jusqu'à ce que celle-ci ne sorte plus rouge, et que le résidu soit entièrement décoloré. Pour se procurer l'albumine, on expose le sérum à une température d'environ cinquante-cinq

à soixante degrés du thermomètre de Réaumur, qui le fait coaguler; si on l'évapore jusqu'à siccité, à une chaleur de quatre-vingt degrés, on obtient également l'albumine, mais mêlée avec des sels et avec de l'osmazome. Enfin, pour avoir le cruor, le procédé le plus simple consiste à exprimer le caillot lorsqu'ayant été mis à sec il n'abandonne plus de sérum ; à la vérité, il n'est point alors entièrement exempt de sérum, mais la petite quantité qu'il en renferme entraîne de trop faibles inexactitudes dans les résultats pour qu'on se détermine à employer des moyens d'extraction compliqués, car il vaut mieux étudier une substance impure qu'opérer, en croyant la posséder pure, sur un corps étranger provenant de sa décomposition. En effet, le cruor consiste dans les globules qui nagent au milieu du sérum, et qu'on ne parvient pas à séparer de lui par des moyens mécaniques, attendu que leur petitesse permet qu'ils passent à travers les filtres. Engelhart prétend bien qu'on le précipite à l'état de pureté en soumettant à une chaleur modérée du sang étendu d'eau ; mais il paraît être associé alors avec de l'albumine, et, dans tous les cas, la coagulation lui a fait perdre une partie de ses propriétés primitives.

Suivant Denis (1), il faut dessécher le caillot à une douce chaleur et le laver ensuite avec cent vingt parties d'eau, afin d'obtenir la fibrine : l'eau qui sert dans cette opération doit être portée à la température de 56 degrés du thermomètre de Réaumur, parce qu'ainsi le cruor se précipite avec le moins possible d'albumine. Enfin il faut séparer le sérum du caillot avec une pipette, l'évaporer à une douce chaleur, dissoudre le résidu dans l'eau, coaguler la dissolution en la portant à la température de l'ébullition, et faire bouillir à plusieurs reprises le caillot avec de l'alcool, pour lui enlever tous ses sels et toute sa graisse. Cependant ce traitement par l'alcool ne paraît point être convenable (§ 674, 8°).

2° Ces matériaux immédiats du sang ont beaucoup de propriétés communes, au moyen desquelles on peut les réunir sous l'idée générale de la matière animale ; mais chacun d'eux paraît être une forme spéciale de cette matière, et présente

(1) *Loc. cit.*, p. 96.

par conséquent des caractères particuliers. D'après cela nous devons procéder partout d'une manière comparative si nous voulons arriver à une connaissance approfondie de leur nature. Malheureusement la chimie n'a point encore jusqu'ici épuisé ce sujet, car elle est trop peu dans l'usage d'isoler les substances organiques et d'employer la méthode à laquelle l'anatomie et la physiologie doivent tant de progrès. Aussi Berzelius admet-il que l'albumine et la fibrine ne constituent qu'une seule et même substance sous le point de vue chimique, et que, si elles diffèrent l'une de l'autre, c'est par quelque circonstance accessoire, peu importante, mais encore inconnue (1). Cependant, à en juger d'après les qualités physiques, les différences chimiques ne doivent point se réduire à si peu de chose qu'il soit impossible de les saisir par un examen attentif.

a. *Propriétés des matériaux organiques du sang.*

§ 676. Examinons d'abord les qualités qui frappent nos sens.

1° Nous trouvons avant tout, dans la matière animale, l'aptitude à se coaguler, c'est-à-dire à se contracter en une masse solide, qui ne peut plus repasser à l'état liquide, ou se dissoudre dans l'eau, sans subir une décomposition ou un changement de qualités, et nous distinguons cette aptitude de la sécheresse, c'est-à-dire de la plus grande solidité ou dureté qui résulte de la perte de l'eau interposée, puisque, dans ce dernier cas, le corps peut être ramené à l'état de liquidité ou de mollesse en lui restituant de l'eau. Nous ne connaissons la fibrine qu'à l'état de coagulation, car elle se coagule aussitôt que nous soumettons le sang à l'observation, tandis que l'albumine et le cruor persistent à l'état liquide, ou peuvent aussi être desséchés sans qu'ils se coagulent. Ainsi tout sang qui a pris la forme solide en s'attachant, à la température ordinaire, sur la surface d'un corps qu'il ne peut décomposer, contient de la fibrine coagulée, de l'albumine desséchée, mais soluble dans l'eau, et du cruor.

(1) Traité de chimie, t. VII, p. 74.

2° C'est le cruor qui donne au sang sa couleur particulière. Coagulé par la chaleur, il est d'un brun rouge foncé. La fibrine et l'albumine coagulées sont blanches et opaques, la première un peu grisâtre, la seconde tirant sur le verdâtre.

3° Le cruor liquide consiste uniquement en corpuscules ronds et réguliers (§ 664). Le sérum ne contient pas de globules semblables, mais représente une dissolution parfaitement homogène. Ce n'est que quand il se décompose qu'il offre des grumeaux arrondis, produits par l'albumine coagulée et précipitée sous la forme de petites masses. Bauer a vu se former et grossir sous ses yeux de semblables globules, dont la plupart étaient beaucoup plus petits que ceux du sang, et dont le nombre croissait encore dans le sérum conservé depuis plusieurs semaines (1). Prevost et Dumas les ont observés dans du sérum qui se coagulait sous l'influence du galvanisme ou de la chaleur, et ils leur accordent un cinq cent quatre-vingtième de ligne de diamètre, volume qui doit être, au reste, fort accidentel, car Treviranus (2) a vu des globules de diverses grosseurs dans du blanc d'œuf en coagulation. Ces globules d'albumine, produits de la coagulation, n'ont aucune analogie avec les globules du sang qui se trouvent dans le cruor frais, à la coagulation duquel ils disparaissent ou se réunissent en grumeaux.

Lorsque l'albumine se coagule plus rapidement et en plus grandes masses, on ne reconnaît dans celles-ci ni qu'elles soient composées de globules, ni qu'elles affectent la moindre forme régulière. La fibrine du caillot montre des fibres bien distinctes, dont on a dit souvent qu'elles résultaient de globules placés les uns à la suite des autres; mais cette opinion, qui avait été déjà combattue par Senac (3), entre autres, a été réfutée dans ces derniers temps par Blainville (4). Une seule fois j'ai vu des séries de globules incolores figurant des lignes droites ou arquées; mais c'était dans du cruor que j'avais obtenu en exprimant du caillot qui était resté depuis cinq

(1) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. V, p. 380.
(2) *Vermischte Schriften*, t. I, p. 120.
(3) Traité de la structure du cœur, t. II, p. 279.
(4) Cours de physiologie générale, t. I, p. 234.

jours à l'air et en partie au soleil, de sorte qu'on ne pouvait plus songer à une coagulation de fibrine, et au bout de quelques minutes tous les globules avaient disparu, de manière que je fus obligé de les considérer comme des bulles d'air. En général, la fibrine ne se coagule point sous la forme de fibres; à la surface du caillot, elle forme une expansion membraneuse, dans laquelle on ne distingue nulle trace de texture fibreuse, et l'eau dans laquelle on a versé du sang frais laisse déposer une masse molle et amorphe, qui ne présente pas plus de fibres que de globules.

4° Le cruor est la partie la plus pesante et la plus matérielle du sang. Il se rassemble surtout dans les couches inférieures du caillot, et perd moins de son volume et de son poids par la dessiccation. A l'état liquide, sa pesanteur spécifique est de 1200 selon Thackrah (1), tandis que celle de la fibrine humide est de 1046, d'après Davy, et celle de l'albumine coagulée de 1305 (2).

5° La fibrine que l'on obtient du caillot est cohérente, à peu près comme de la viande peu cuite; elle s'allonge en filamens, se rompt avec un peu de peine, revient sur elle-même, quand on l'a comprimée, et se laisse rouler en boulettes entre les doigts. L'albumine coagulée est un magma glissant, qu'on ne peut ni rouler ni écraser entre les doigts, et qui s'échappe dès qu'on veut le serrer. Le cruor coagulé est fragile, pulvérisable, et terreux.

6° Par la dessiccation, la fibrine devient brunâtre, dure, cassante. L'albumine coagulée éprouve les mêmes changemens, mais elle acquiert une teinte plus foncée, et prend un peu de translucidité sur les bords. Le cruor, au contraire, ne se resserre pas sur lui-même, comme ces deux substances, mais demeure par fragmens, et sa surface devient noire, en quelque sorte charbonnée.

7° L'albumine récemment coagulée et humide a l'odeur de la transpiration animale; le sang de bœuf, par exemple, exhale celle des étables. La fibrine est peu odorante. Le cruor n'a aucune odeur.

(1) *Inquiry into the natur of the blood*, p. 22.

(2) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. II, p. 386.

Ces trois substances sont insipides.

3° L'albumine passe la première à la putréfaction, puis la fibrine, et en dernier lieu le cruor, même quand il est dissous dans l'eau, ou mêlé avec les deux autres substances déjà putréfiées. Pendant la putréfaction, l'albumine et le cruor dégagent, entre autres, du gaz hydrogène sulfuré; la fibrine paraît n'en point donner, et lorsque les circonstances sont favorables, elle se convertit en adipocire.

b. *Action des corps extérieurs sur les matériaux organiques du sang.*

* Action des impondérables.

§ 677. 1° L'albumine du sérum se coagule par l'action du *galvanisme*. Quand la pile est faible, la coagulation ne s'opère guère qu'au pôle positif. Mais si la pile est forte, elle a lieu aux deux pôles simultanément; de la soude se réunit autour du conducteur négatif, tandis que le caillot placé au pôle positif contient de l'acide hydrochlorique. La coagulation qui s'effectue au pôle positif paraît dépendre du développement de l'acide. Brande attribue celle du pôle négatif à la séparation de l'alcali qui déterminait la liquéfaction (1). Mais Prevost et Dumas croient que la proportion de la soude augmente dans l'albumine, et que celle-ci se trouve convertie par là en une gelée analogue au mucus (2). Suivant C. Gmelin et Berzelius, le galvanisme ne produit la coagulation que par la chaleur qu'il développe, et il sépare l'albumine à l'état de combinaison avec des oxides du métal qui sert de conducteur (3).

2° Une douce *chaleur* ne fait qu'expulser l'eau ou dessécher. Par cette évaporation du liquide dans lequel ils étaient primitivement dissous, l'albumine et le cruor deviennent des corps solides, qui se redissolvent complétement dans l'eau. L'albumine qui reste après l'évaporation du sérum représente une poudre grise, qu'on peut exposer à une température de quatre-

(1) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. II, p. 300.

(2) Bibliothèque universelle de Genève, t. XVII, p. 300.

(3) *Jahresbericht ueber die Forschritte der physikalischen Wissenschaften*, t. IV, p. 222.

vingts degrés sans qu'elle perde sa solubilité. Le cruor desséché est une masse dense et d'un brun noirâtre. La fibrine perd un quart environ de son poids par la dessiccation, se resserre comme du parchemin, devient jaunâtre, dure et cassante, mais reprend dans l'eau la mollesse, la flexibilité et l'élasticité dont elle jouissait auparavant.

3° Une chaleur plus considérable coagule l'albumine liquide et le cruor, mais les rend aussi insolubles dans l'eau que la fibrine l'est primitivement. On dit que la coagulabilité du cruor surpasse celle de l'albumine, et qu'après l'avoir étendu d'eau, il suffit de l'exposer à cinquante-deux degrés du thermomètre de Réaumur pour qu'il se prenne en flocons bruns, tandis que le sérum ne se coagule point encore même à soixante degrés (1). Cependant cette différence paraît reposer uniquement sur ce que le cruor contient davantage de parties solides que le sérum, ou représente une dissolution plus saturée de substance coagulable, ce qui fait qu'en étendant d'eau l'une et l'autre liqueur, on n'en peut point séparer le cruor par une chaleur de cinquante-deux degrés. Le sérum non étendu se coagule à cinquante-sept degrés. Si l'on dissout l'albumine coagulée dans de l'eau, et qu'on fasse coaguler la liqueur par l'ébullition, l'eau surnageante a une saveur salée, et laisse de l'osmazome, avec des sels, lorsqu'on l'évapore jusqu'à siccité. Si l'on traite le cruor de la même manière, le liquide qui reste présente peu ou point ce phénomène.

4° Pendant la décomposition à une chaleur plus élevée, dont les effets ressemblent beaucoup à ceux de la putréfaction (§ 671), les trois substances donnent, à ce qu'il paraît, les mêmes produits, mais dans des proportions différentes. C'est du cruor que l'on obtient le moins de gaz; de même, c'est la fibrine qui donne le plus d'ammoniaque, conjointement avec laquelle elle fournit une assez grande quantité d'acide hydrocyanique et d'huile empyreumatique. Du gaz hydrogène sulfuré se dégage principalement de l'albumine.

La fibrine brûle avec une flamme plus brillante et en ré-

(1) Engelhart, *Commentatio de vera materiæ sanguini purpureum colorem impertientis natura*, p. 41.

pandant une odeur de corne plus prononcée que les deux autres substances : c'est dans le cruor que ces deux phénomènes sont le moins sensibles. Le charbon de la fibrine ne devient point tout-à-fait aussi spongieux que ceux de l'albumine et du cruor. C'est surtout la cendre qui diffère ; celle du cruor est rougeâtre, celle de la fibrine et de l'albumine blanche : l'acide hydrochlorique donne une dissolution jaune avec la première, et incolore avec les deux autres ; les réactifs indiquent des carbonates et phosphates de chaux et de fer dans la cendre du cruor ; de l'hydrochlorate, du phosphate, du carbonate de soude et du phosphate calcaire dans celle de l'albumine ; du phosphate de chaux, avec très-peu ou point de soude, dans celle de la fibrine.

** Action des corps pondérables.

§ 678. 1° Le sérum absorbe aisément l'*air*, et devient écumeux quand on l'agite. Le cruor prend une couleur vermeille à l'air. Il arrive quelquefois à la fibrine d'acquérir une teinte rouge, avant de brunir, mais cet effet n'a lieu que quand elle contient du cruor. La fibrine parfaitement pure, telle qu'elle s'est précipitée du sang étendu d'une grande quantité d'eau, ne rougit point à l'air, quoique Gruithuisen et Berthold affirment le contraire. L'action chimique des gaz porte sur la couleur du cruor et sur la cohésion de la fibrine ; celle-ci devient plus ferme dans l'oxygène, et se ramollit dans l'hydrogène ; le cruor prend une teinte vermeille dans le premier de ces gaz et plus foncée dans le second. Du reste, la grande affinité de la fibrine pour l'oxygène s'annonce aussi par l'action décomposante qu'elle exerce sur le deutoxide d'hydrogène, et qu'on n'observe pas quand on opère avec de l'albumine.

2° Le sérum, comme dissolution aqueuse d'albumine, se mêle à l'*eau* en toutes proportions, sans éprouver le moindre changement ; un mélange avec deux à trois parties d'eau est même encore assez visqueux. Le cruor se dissout dans l'eau en toutes proportions, avec plus de promptitude et de facilité que dans tout autre liquide. Il donne une dissolution d'un

rouge clair, dans laquelle le microscope ne fait découvrir aucune trace de globules du sang ou de caillot quelconque.

Avec quatre parties d'eau, l'albumine sèche donne une dissolution claire et un peu jaunâtre. Le cruor desséché en donne une vermeille et parfois d'un rouge brun.

3° Les deux substances se coagulent quand on fait chauffer leurs dissolutions; le cruor donne ainsi des flocons bruns, que surnage un liquide incolore. Mais, même au grand air, elles perdent une partie de leur solubilité, probablement parce qu'elles absorbent de l'oxygène atmosphérique, et ce phénomène a lieu aussi bien quand elles sont solides que quand elles sont liquides. La dissolution aqueuse du cruor donne au bout de quelque temps un sédiment rouge, après la formation duquel la liqueur devient claire comme de l'eau. Quand on enlève par le lavage des taches de sang répandues sur une étoffe, on trouve que le cruor se dépose promptement au fond de l'eau, et qu'il ne la colore en rouge brun que par l'agitation; il a donc perdu sa solubilité. Le sérum qui est resté pendant quelque temps exposé à l'air, ou la dissolution d'albumine dans de l'eau aérée, précipite une petite quantité d'albumine, en masses qui troublent légèrement la liqueur et sont visibles au microscope. Il se forme également quelques flocons dans la dissolution aqueuse de l'albumine desséchée, quand elle est demeurée long-temps en contact avec l'air. Plusieurs chimistes disent que, dans toutes ces circonstances, le cruor passe plus aisément que l'albumine à l'état de coagulation; cependant cette assertion ne paraît pas être encore bien prouvée.

4° La fibrine est insoluble dans l'eau; elle se contracte dans l'eau chaude, mais se ramollit par l'ébullition prolongée; elle paraît alors abandonner à l'eau une petite partie de sa substance, mais qui a probablement changé de nature par l'effet d'une décomposition (§ 673, 2°). L'albumine et le cruor, dans l'état de coagulation, ressemblent à la fibrine. Chevreul dit bien que la première se dissout dans sept mille parties d'eau; mais on peut se demander si cet effet ne dépend pas également d'une décomposition partielle. Du reste, l'albumine paraît être celle des trois substances qui adhère à l'eau avec le

plus de force; c'est elle qui se dessèche le plus tard à l'air; la fibrine, au contraire, est celle dont la dessiccation s'opère le plus rapidement. Quand on triture l'une et l'autre avec de l'eau, l'albumine donne une émulsion plus durable que celle de la fibrine; de même aussi, quand on fait chauffer le sérum avec parties égales d'eau, l'albumine enveloppe cette dernière dans son caillot.

679. 1° La fibrine paraît être dissoute plus facilement et en plus grande abondance par les *acides*. Le cruor n'est la plupart du temps dissous qu'en très-petite proportion, la plus grande partie restant à l'état d'une sorte d'oxyde insoluble, quoique, d'un autre côté, la combinaison saliforme et soluble paraisse ne point passer à la forme opposée aussi facilement que celles de fibrine et d'albumine. L'acide nitrique colore l'albumine et la fibrine en jaune, le cruor en vert tirant sur le brun ou le rouge. L'acide hydrochlorique donne une dissolution bleue avec les deux premières, et d'un brun rouge avec l'autre. La fibrine est celle des trois substances que l'acide acétique attaque le plus, et l'albumine celle sur laquelle il agit le moins.

2° Mais la fibrine a moins d'affinité pour les *alcalis*, et ne s'y dissout point aussi facilement. Ces réactifs attaquent fortement, au contraire, l'albumine, qui dégage alors, surtout si la dissolution s'opère avec le concours de la chaleur, non seulement de l'ammoniaque, mais encore du gaz hydrogène sulfuré. La chaux paraît également contracter une combinaison solide avec l'albumine, car une dissolution de cette dernière est troublée par l'eau de chaux.

3° Les *sels neutres* n'altèrent ni le sérum ni le cruor liquide. Ce dernier ne reçoit d'eux qu'une couleur rouge plus vive, tandis que ses globules n'éprouvent aucun changement dans leur dissolution aqueuse; aussi ce moyen est-il celui auquel on peut recourir pour observer les globules plus long-temps sous leur forme primitive. Les sels neutres ramollissent la fibrine, la rendent gélatineuse, et la dissolvent en partie, notamment l'hydrochlorate d'ammoniaque. L'albumine coagulée et le cruor sont moins attaqués par ces réactifs.

4° Parmi les *oxydes métalliques* il n'y a que ceux auxquels l'oxygène tient peu qui exercent une action sensible. L'oxyde

rouge de mercure donne une couleur rouge plus vive au cruor, précipite l'albumine, et fait coaguler la fibrine sous une forme plus solide. L'albumine paraît être celle qui a le plus d'affinité pour les métaux ; dans la pile de Volta, elle se combine avec les acides des métaux servant de conducteurs, et produit par exemple un albuminate de cuivre vert, ou un albuminate de fer de couleur ochracée. Le sérum s'empare aussi d'un peu de cuivre, quand on le fait bouillir dans un vase de ce métal.

5° La dissolution de l'albumine se comporte comme alcali avec les matières colorantes végétales; celle du cruor agit peu ou point sur elles.

c. *Caractère chimique des matériaux organiques du sang.*

§ 680. I. La décomposition a fourni les résultats suivans.

1° En traitant la cendre des principes immédiats du sang, ou, d'après Engelhart (1), la dissolution de ces substances, de laquelle toute la matière organique a été précipitée par le chlore, on obtient : de l'albumine, soude, chaux, soufre, acide carbonique, acide hydrochlorique et acide phosphorique; du cruor, fer, chaux, acide phosphorique, et peu de soude et de soufre; de la fibrine, chaux et acide phosphorique.

2° Michaelis seul a donné une réduction comparative des matériaux immédiats du sang en gaz simples (2). D'après la moyenne du sang artériel et du sang veineux, il en résulte la proportion suivante (*) :

	Carbone.	Azote.	Hydrogène.	Oxygène.
Albumine	52,831	15,533	7,176	24,460
Cruor	52,307	17,322	8,032	22,339
Fibrine	50,907	17,427	7,741	23,925

(1) *Loc. cit.*, p. 50.

(2) Schweigger, *Journal fuer Chemie*, 1828, t. III, p. 94.

(*) Comparez, à ce sujet, les vues de Raspail, Nouv. syst. de chimie organique, p. 197, 204 et 375.

L'albumine contient :

	Carbone.	Azote.	Hydrogène.	Oxygène.
D'après Gay-Lussac	52,883	15,705	7,540	23,872
D'après Prout	49,750	15,550	7,775	26,925

La fibrine contient :

	Carbone.	Azote.	Hydrogène.	Oxygène.
D'après Gay-Lussac	53,360	19,934	7,021	19,685
D'après Thomson	52,940	20,590	6,860	19,610

II. Essayons maintenant de déterminer, d'après ce qui précède, quel est le caractère particulier des trois matériaux immédiats du sang.

3° L'*albumine* paraît être la moins spécialisée de ces trois substances, car c'est elle qui renferme en plus grande proportion ceux des élémens dont le sang, en général, est plus riche qu'aucun autre liquide animal. La prédominance relative du carbone et de l'oxygène la rapproche de la composition végétale. Comme c'est elle qui contient le plus d'oxygène, elle se comporte électriquement d'une manière négative, eu égard à la fibrine, puisqu'elle est plus attaquée par les alcalis et moins par les acides, et qu'elle ne décompose pas le deutoxyde d'hydrogène. C'est elle aussi surtout qui contient les sels neutres, et qui a le plus d'affinité avec l'eau, dont, à l'état de coagulation, elle contient davantage que les autres matériaux du sang; elle se montre à nous sous la forme purement liquide, et c'est elle qui se coagule le moins facilement; après la coagulation, elle est encore molle et glissante; elle se combine volontiers avec les métaux, phénomène auquel peut contribuer le soufre qu'elle contient; enfin elle est très-décomposable, comme le prouvent et la vive action qu'exerce sur elle la pile voltaïque, et la promptitude plus grande avec laquelle elle passe à la putréfaction.

4° La *fibrine*, à raison de la moindre quantité d'oxygène qu'elle renferme, se comporte électriquement d'une manière positive, car elle est attaquée plus fortement que les deux autres matériaux du sang par les acides et les sels neutres, plus faiblement par les alcalis; elle attire à elle l'oxygène du deutoxyde d'hydrogène, et brûle avec une

flamme plus brillante que celle des deux autres substances. C'est elle aussi qui contient le plus d'azote, et qui par cela même présente par excellence le caractère de la composition animale. Elle est combinée avec de la chaux, et elle se distingue par sa tendance à une cohésion plus forte; elle se coagule aussitôt après sa sortie du cercle de la vie, et représente alors une substance solide et dense, qui affecte une forme déterminée. On ne peut pas soutenir qu'elle n'est que l'albumine coagulée et plus oxydée (1).

5° Le *cruor* est le plus particulier de tous les matériaux constituans du sang, car la couleur rouge, la forme primordiale de corpuscules séparés les uns des autres, et l'admission d'un métal dans sa composition intime, lui appartiennent d'une manière exclusive, et c'est précisément par ces propriétés que le sang se distingue le plus des autres humeurs. C'est le cruor qui est le plus pesant, qui brûle le plus faiblement, et qui, en brûlant, donne le moins de gaz, mais aussi le plus d'hydrogène, de sorte que c'est lui qui contient le plus de cette dernière substance, dont il y a moins dans le sang que dans toute autre liquide. L'analyse n'a point confirmé qu'il soit fort riche en carbone, et comparable, sous ce rapport, au pigment de l'œil ou à certains principes colorans des végétaux, l'indigo par exemple (2); mais elle a démontré que la nature basique prédomine en lui; car elle a fait voir qu'il est, de tous les matériaux constituans du sang, celui qui contient le moins d'oxygène.

6° Le cruor et la fibrine paraissent être des développemens plus élevés de l'albumine; aussi ne sont-ils point encore complétement formés chez les animaux sans vertèbres, dont le sang contient plus d'albumine, et ne renferme ni véritables globules sanguins (§ 664, 1°), ni fibrine parfaite (§ 670, 1°). La quantité moins considérable des globules sanguins dans le sang des Poissons et des Reptiles, et la lenteur plus grande avec laquelle il se coagule, annoncent également que le cruor et la fibrine sont moins développés ici que chez les animaux vertébrés supérieurs.

(1) Treviranus, *Biologie*, t. IV, p. 364, 559, 573.
(2) Hunefeld, *Physiologische Chemie*, t. II, p. 66, 79.

d. *Rapports entre les matériaux organiques du sang.*

§ 681. Passons maintenant à l'examen des rapports qui existent entre les divers matériaux constituans du sang.

I. Ces matériaux n'ont point d'affinité chimique les uns pour les autres. Non seulement la fibrine, mais encore le cruor sont insolubles dans le sérum : les globules du sang nagent dans ce liquide, sans changer de forme; l'albumine et le sel neutre du sérum détruisent leur solubilité dans l'eau. Mais peu à peu ils se décomposent, et se dissolvent dans le sérum, qu'ils colorent alors en rouge. Suivant Denis (1), la chaleur opère aussi cette dissolution, qui donne un liquide onctueux, ayant la teinte du café au lait, et dont on ne peut point précipiter le cruor seul en continuant de la chauffer. Le cruor a une grande affinité d'adhésion pour la fibrine, de sorte qu'il faut une énorme quantité d'eau pour détruire complétement la combinaison de ces deux substances dans les globules du sang.

II. Sous le rapport de la quantité, le premier rang appartient au cruor; il y a moins d'albumine, et moins encore de fibrine. Les évaluations qu'on a données des proportions respectives de ces trois substances s'éloignent beaucoup les unes des autres, attendu que non seulement l'individualité du sujet dont on examine le sang, mais encore la méthode qu'on suit, et même la manière plus ou moins complète dont on exécute l'évaporation, donnent lieu à de grandes différences. Nous rapporterons, à titre d'exemples, les indications suivantes, calculées d'après mille parties de sang humain.

	Albumine.	Cruor.	Fibrine.
Read Clanny	134	160	28
J. Davy	38	221	23
Denis	78	150	12
Le même	60	181	2
Berthold	81	180	1
Le même	75	150	5

Read Clanny (2) a opéré sur les substances non décompo-

(1) *Loc. cit.*, p. 93.

(2) Archives générales de médecine, t. XVIII, p. 290.

sées et humides : Davy (1) et Denis, dans sa première évaluation (2), les ont prises également non décomposées, mais sèches ; Berthold (3) paraît avoir décomposé en partie le caillot, puisque ce dernier contenait une portion de la quantité d'albumine qu'il signale ; dans sa seconde évaluation, Denis (4) prit les matériaux du sang décomposés, c'est-à-dire après en avoir extrait la graisse, l'osmazome, la cruorine, le fer, la soude, la chaux et les sels neutres.

1° La proportion de l'albumine non décomposée (partie coagulable du sérum) au caillot, ou au cruor et à la fibrine pris ensemble, est, chez l'homme, de 1 : 6,421 d'après Davy, et de 1 : 2,076 suivant Denis. Selon Prevost et Dumas (5), la proportion est,

dans le Pigeon, de	1 : 3,319	dans le Cochon d'Inde, de	1 : 1,467
le Corbeau	1 : 2,599	le Chat	1 : 1,428
la Poule	1 : 2,493	le Lapin	1 : 1,373
le Héron	1 : 2,239	la Chèvre	1 : 1,223
le Chien	1 : 1,889	le Veau	1 : 1,101
la Tortue	1 : 1,868	le Cheval	1 : 1,025
le Canard	1 : 1,772	la Truie	1 : 0,880
l'Homme	1 : 1,492	la Lotte	1 : 0,732
la Grenouille	1 : 1,487	l'Anguille	1 : 1,638

D'après ces données, l'albumine l'emporterait sur le cruor et la fibrine chez les Poissons ; ces deux dernières substances auraient, au contraire, la prédominance chez les Mammifères, et atteindraient le maximum chez les Oiseaux, dont enfin les Reptiles se rapprocheraient assez. Suivant Berthold, la proportion de toute l'albumine du sang au cruor et à la fibrine, pris ensemble, est,

dans le Pigeon, de	1 : 3,148	dans le Chat	1 : 2,468
le Chien	1 : 3,126	l'Homme	1 : 2,232
la Poule	1 : 2,643	la Carpe.	1 : 2,010

(1) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. I, p. 138.
(2) Journal de Magendie, t. IX, p. 218.
(3) *Beitræge zur Anatomie*, p. 259.
(4) Rech. expérim. sur le sang, p. 297.
(5) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. VIII, p. 314.

le Cochon, de	1 : 1,947	l'Agneau	1 : 1,356
le Bœuf	1 : 1,915	la Grenouille	1 : 1,227
le Veau	1 : 1,474	la Chèvre	1 : 1,159

2° Chez l'homme, la proportion entre la fibrine et le cruor est, terme moyen, de 1 : 44. Lecanu l'a trouvée, dans un cas, de 1 : 33, et dans un autre de 1 : 63 ; Berthold, dans un cas, de 1 : 27, et dans un autre, de 1 : 95.. Denis pense qu'elle est ordinairement de 1 : 72. Suivant Berthold, elle est,

dans le Cochon de	1 : 41	dans le Bœuf de	2 : 17
le Chat	1 : 36	le Pigeon	1 : 7
le Chien	1 : 28	la Grenouille	1 : 7
la Chèvre	1 : 20	la Carpe	1 : 7
le Veau et le Mouton	1 : 19	la Poule	1 : 6

D'après cela, c'est chez l'homme que le cruor l'emporterait le plus sur la fibrine; puis viendraient les Mammifères carnivores, les Mammifères herbivores, enfin les Oiseaux, les Reptiles et les Poissons.

2. SUBSTANCES ORGANIQUES EXTRAITES DU SANG PAR L'ART.

§ 682. Outre les matériaux immédiats dans lesquels le sang des Mammifères se partage toujours de lui-même, on a encore extrait de ce liquide d'autres sortes de substances animales, dont l'existence réelle et générale dans le sang est plus ou moins problématique. En effet, quelques unes d'entre elles n'ont été trouvées qu'après l'action de puissances chimiques douées d'une grande énergie, de sorte qu'il n'est point hors de vraisemblance qu'elles tiraient leur origine d'une portion du sang, dont on connaît la grande tendance à se décomposer, et qu'en conséquence elles n'étaient que des métamorphoses ou de nouvelles combinaisons d'albumine, de cruor et de fibrine. Si l'on rencontre quelquefois dans le sang des substances qui appartiennent en propre à certains liquides sécrétoires, ce n'est point là une preuve que leur présence y soit normale, puisque le sang vivant lui-même est continuellement en échange de matériaux avec le reste de l'organisation. Il se peut qu'après la suppression d'une sécrétion, une substance

analogue à son produit se développe dans le sang, sans qu'on soit pour cela autorisé à croire qu'elle y préexiste généralement. D'un autre côté, et plus fréquemment encore, des produits de sécrétions peuvent arriver dans le sang par voie de résorption, car il n'est pas rare, comme le dit Velpeau (1) entre autres, qu'en cas de suppuration d'une partie quelconque, le sang contienne du pus, qu'on ne peut pas plus considérer comme un de ses matériaux essentiels, que le plomb, le mercure, etc., qu'on y remarque également après l'application de ces métaux à la surface de la peau ou des membranes muqueuses.

Les principes immédiats et les plus essentiels du sang (l'albumine, la fibrine, le cruor) en sont précipités par l'alcool, sous la forme de flocons, après quoi l'on peut extraire du liquide limpide et spiritueux qui surnage des substances organiques particulières et des sels neutres. La méthode la plus simple en pareil cas, est la suivante, qu'indique Lecanu : on évapore la liqueur alcoolique jusqu'à siccité, et l'on traite le résidu par de l'éther.

I. Une portion de ce résidu se dissout dans l'éther, après l'évaporation duquel on traite le reste par l'alcool à froid.

1° L'alcool en dissout une partie, que l'on extrait ensuite, et qui constitue une matière oléagineuse.

2° La portion non dissoute représente une graisse cristallisable.

II. Le résidu insoluble dans l'éther est traité par l'alcool à froid.

1° Une partie se dissout, et donne par l'évaporation une matière extractive.

2° Ce qui n'a point été dissous par l'alcool à froid est mis en contact avec de l'alcool bouillant. On obtient ainsi :

a. Une dissolution d'hydrochlorates, avec un peu de matière extractive.

b. Un résidu insoluble, qui, traité par l'eau froide,

α. se dissout en partie, abandonnant à l'eau une combinaison d'albumine avec de la soude et des sels ;

(1) Archives générales, t. VII, p. 306.

b. laisse un résidu constitué par un mélange d'albumine et de cruor (1).

A l'égard de ces diverses substances :

1° La matière extractive, autrefois appelée *sérosité*, a été regardée jusqu'ici comme identique avec la substance que Thénard nomme *osmazome* (extrait de viande, de Thouvenel; extractif animal, de Marcet). On obtient l'osmazome en faisant agir la chaleur ou l'alcool sur l'un où l'autre des trois matériaux du sang, comme aussi sur une partie quelconque, solide ou liquide, du corps animal. Quand le sérum ou le cruor est coagulé par la chaleur, l'osmazome reste à l'état liquide, soit autour du caillot, soit dans ses interstices. On peut l'en retirer par l'expression ou par la digestion dans l'eau; après l'évaporation et le refroidissement, elle se présente sous l'aspect d'une gelée. Si l'on fait cuire ensemble de la fibrine et de l'eau, dans une machine de Papin, une partie de la première se convertit en osmazome et se dissout dans le liquide, qui, soumis ensuite à l'évaporation, laisse un résidu blanc, sec et friable; la fibrine restante a perdu sa solubilité dans l'acide acétique, ce qui annonce qu'elle a subi une décomposition. On obtient également de l'osmazome en faisant digérer de l'albumine sèche ou coagulée, du cruor, ou de la fibrine. Si l'on évapore l'eau ou l'alcool, l'osmazome paraît sous la forme d'une substance extractiforme jaune ou d'un brun rougeâtre. Elle n'est point susceptible de cristalliser; son odeur et sa saveur sont celles du bouillon de viande; à l'état sec, elle attire l'humidité de l'air; exposée à la chaleur, elle entre en fusion, se charbonne, en répandant des vapeurs âcres de carbonate d'ammoniaque et d'huile empyreumatique, et laisse une cendre qui contient du carbonate de soude. Elle se dissout dans l'eau, tant à chaud qu'à froid, et dans l'alcool. Le tannin la précipite de sa dissolution, sous la forme de flocons, qui, à chaud, ne tiennent point les uns aux autres, comme ceux qui se produisent dans la gélatine. L'acide sulfurique, l'acide hydrochlorique, le nitrate d'argent, celui de mercure et l'acétate de plomb la précipitent également.

(1) Bulletin des sc. méd., t. XXVI, p. 138.

Sa consistance gélatineuse et sa propriété de précipiter par le tannin l'avaient fait considérer comme de la gélatine par Hewson, Fourcroy, Vauquelin, Parmentier et Deyeux. Mais sa solubilité dans l'alcool et la nature du précipité qu'elle donne par le tannin ne permettent point d'admettre ce rapprochement. Bostock l'assimile au mucus, parce que l'acétate de plomb la précipite ; mais cette propriété appartient aussi à l'albumine, et le mucus n'est point précipité par le nitrate de mercure. Brande (1) soutient que la sérosité est de l'albumine, avec un excès de soude, parce qu'une dissolution alcaline d'albumine ne se coagule point complétement par la chaleur, et que le galvanisme, en séparant la soude, empêche totalement la formation de la sérosité ; mais la ressemblance de la sérosité avec l'osmazome s'élève contre cette manière de voir. Suivant Berzelius, c'est un mélange de matière soluble dans l'alcool et l'eau, avec du lactate de soude, du chlorure de potassium et du chlorure de sodium, mélange dans lequel l'acide lactique se fait reconnaître par l'âcreté de sa saveur, par sa propriété de précipiter au moyen du tannin, par sa coloration en brun jaune, et par l'attraction exercée sur l'humidité atmosphérique. Cependant plusieurs chimistes nient l'existence de l'acide lactique, dans lequel ils ne voient que de l'acide acétique, et, en admettant une matière particulière soluble dans l'alcool, Berzelius n'a fait que signaler une lacune de la science. Treviranus (2) soutient que l'osmazome est de l'albumine avec de l'acide lactique, parce que les acides font passer l'albumine à l'état gélatineux ; mais cette opinion doit être restreinte en ce sens qu'on peut aussi obtenir de l'osmazome avec la fibrine pure et avec le cruor. Il est donc permis de conjecturer que, sous l'influence de la chaleur ou de l'alcool, une partie de la matière animale attire à elle les chlorures et les lactates, à la faveur desquels elle acquiert la propriété de se dissoudre dans l'eau et dans l'alcool. Au reste, Lecanu prétend que la matière extractive du sang diffère de l'osmazome, notamment en ce qu'elle est précipitable par les acides.

(1) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. II, p. 284.
(2) *Biologie*, t. IV, p. 552.

2° *L'acide lactique* s'obtient de la dissolution d'osmazome dont on a précipité la matière animale par le tannin. Il est d'un jaune brun, fait naître une saveur acide dans la bouche, répand à chaud une odeur piquante, ne cristallise pas, s'humecte à l'air, se dissout dans l'eau et l'alcool, ne se volatilise point, et donne des sels particuliers, tant avec les terres et les alcalis, qu'avec les oxides métalliques. On ne le trouve qu'en petite quantité dans le sang; car, suivant Berzelius, il ne forme, avec la matière animale qui représente l'osmazome par son mélange avec lui, qu'un deux cent cinquantième du sérum. Berzelius admet, il est vrai seulement pour être conséquent avec ses idées sur la nature excrémentitielle des acides animaux, qu'il ne se forme point dans le sang, mais s'y introduit par la résorption, afin d'être ensuite évacué. Cependant on peut aussi se demander s'il ne se produirait pas dans le sang par l'effet d'une décomposition, comme il prend naissance dans le lait et dans plusieurs substances végétales par celui de la fermentation acide.

3° On ne découvre ordinairement point de *graisse* libre dans le sang. Deyeux et Parmentier n'en ont jamais trouvé. De quelque quantité d'eau qu'on étende le sérum et le cruor, ils demeurent toujours clairs, et si l'on prétend qu'un peu de graisse s'imprègne dans le papier à travers lequel on filtre du sang frais (1), toujours est-il que ce phénomène n'a point lieu dans les cas ordinaires, et que la tache qu'on remarque alors sur le papier n'est pas grasse. On a quelquefois trouvé le sang, ou son sérum, blanchâtre et d'apparence laiteuse. Ce n'est pas toujours de la graisse qui lui communique alors ces qualités, comme il résulte manifestement des recherches de Hunter; elles dépendent parfois d'un mélange de chyle, car Prout, entre autres, les a surtout observées dans le sang tiré quelques heures après le repas (2), ou bien elles sont dues à du lait absorbé, ce dont Anderson a vu un cas chez un homme qui, trois heures après avoir bu beaucoup de lait, fut saigné pour des douleurs qu'il éprouvait à la région épigastrique, et

(1) Weber, *Anatomie des Menschen*, t. I, p. 99.
(2) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. V, p. 245.

dans le sang duquel l'analyse chimique démontra la présence du lait (1). Mais il y a des cas où l'apparence laiteuse du sang tient réellement à la présence de la graisse. Thackrah (2) s'en est convaincu chez des animaux chargés d'embonpoint, comme aussi chez de jeunes animaux (à la mamelle?), à la surface du sang desquels se formait quelquefois une pellicule crémeuse. Adams dit avoir trouvé, sur le sang de la veine cave et des sinus cérébraux d'un homme replet, et mort tout à coup d'empoisonnement, une si grande quantité de graisse qu'on pouvait l'enlever avec une cuiller (3). Hewson n'a rencontré de la graisse dans le sang que chez les personnes qui avaient une mauvaise digestion et qui éprouvaient de fréquens vomissemens (4). Thackrah (5) en a observé chez un épileptique, atteint en outre de pléthore et d'une inflammation du bas-ventre; Stoker (6) chez un diabétique; Marcet (7), dans la diabète et l'hépatite ; Sewart Traill (8) dans l'inflammation et le *delirium tremens;* Christison (9) dans le rhumatisme aigu et l'inflammation. Suivant ce dernier, le sérum avait une pesanteur spécifique moindre que de coutume; la graisse s'y élevait de 0,03 à 0,05 ; elle avait une forte odeur d'huile, conservait l'état solide à vingt-cinq degrés de l'échelle réaumurienne, ne devenait complétement liquide qu'à vingt-huit, et, à trois degrés au dessus de zéro, se séparait en élaïne et en oléine, quand on l'étalait sur du papier gris. Sewart Traill a extrait 0,025 à 0,045 de graisse d'un sérum lactescent, en le faisant évaporer. D'après tous ces faits la graisse n'existe que rarement à l'état de liberté dans le sang, et l'on ne peut douter qu'elle n'y soit parvenue par absorption, chez des sujets dont la plupart étaient frappés de maladie.

(1) Archives générales, t. XXIII, p. 416.
(2) *Loc. cit.*, p. 31.
(3) Bulletin des sc. médic., t. XI, p. 248.
(4) *Experimental Inquiries*, t. I, p. 141-150.
(5) *Loc. cit.*, p. 120.
(6) Scudamore, *Versuch ueber das Blut*, p. 146.
(7) Hunefeld, *loc. cit.*, t. II, p. 225.
(8) Archives générales, t. II, p. 291.
(9) Froriep, *Notizen*, t. XXVII, p. 284.

Home (1) a trouvé de la graisse dans le sang des Raies et des Saumons, et il admettait qu'elle existe également dans celui de l'homme, mais à l'état de combinaison. Cette opinion est assez généralement adoptée, parce qu'en effet on obtient de la graisse lorsqu'on agite du sang avec de l'éther, ou qu'on le fait soit digérer, soit bouillir dans de l'alcool, et qu'après avoir filtré la liqueur, on l'évapore à siccité, ou on la précipite par l'eau. Mais, quoique Chevreul prétende que ces manipulations ne font rien perdre de leurs qualités primitives aux matériaux immédiats du sang, il ne s'en élève pas moins des doutes contre l'opinion qui suppose l'existence de la graisse toute formée dans le sang. Une substance grasse ou huileuse se produit dans diverses décompositions de matières végétales, comme lorsqu'on traite le gluten par des acides, ou même seulement quand on fait agir des vapeurs aqueuses sur du charbon de bois incandescent. Il s'en forme une aussi pendant la décomposition complète du sang par la putréfaction, de même que par l'action de l'acide sulfurique ou de l'acide nitrique. Pourquoi l'éther et l'alcool ne donneraient-ils pas lieu au même phénomène? L'éther a besoin, pour se charger d'huile, de rester mêlé pendant plusieurs jours avec le sérum, suivant Babington (2), et l'alcool ne prend de la graisse qu'à la condition du concours de la chaleur. Or un traitement semblable fait obtenir de la graisse non seulement de chacun des trois matériaux immédiats du sang indistinctement, mais encore du cerveau, des nerfs, des muscles, des membranes fibreuses, de l'épiderme, des poils, des ongles et de tous les liquides albumineux, même des substances azotées en général. D'après cela, si cette graisse préexistait, elle ne serait point une substance particulière, mais bien la matière animale générale. De plus, si elle entrait réellement dans le sang, comme principe constituant, sa quantité devrait être jusqu'à un certain point proportionnée à l'état de la nutrition; mais Denis (3), qui d'ailleurs voit en elle un véritable élément du sang, n'a jamais remarqué rien de semblable,

(1) *Lectures*, t. III, p. 27.

(2) *Medico-chirurgical review*, t. XXVII, p. 208.

(3) Rech. expér sur le sang, p. 296.

malgré le grand nombre de ses recherches, et le sang traité par l'alcool lui a donné, terme moyen, 0,0076 de graisse chez les personnes grasses et pléthoriques, tout comme chez les sujets maigres et exsangues. Il fait remarquer (1) que cette graisse exhale encore une odeur d'esprit-de-vin, quoiqu'on ait employé une chaleur forte et soutenue pour en chasser l'alcool, circonstance qui indique une combinaison intime. D'ailleurs, elle diffère d'une manière essentielle, non pas seulement de celle qui existe dans le tissu cellulaire, mais même encore de celle qui, d'après les observations précédentes, se rencontre parfois à l'état de liberté dans le sang; en effet, d'après Chevreul, elle contient de l'azote et du phosphore, ce qui fait qu'en brûlant elle donne de l'ammoniaque et de l'acide phosphorique; elle cristallise en lames brillantes, elle forme émulsion avec l'eau, et elle n'est point saponifiable par les alcalis, de sorte qu'elle ne peut pas être combinée avec la soude dans le sang. Tout porte donc à penser qu'elle n'est qu'un simple produit de la décomposition. Du reste, indépendamment de la graisse rouge, Denis (2) a encore trouvé des traces d'une autre graisse blanche; mais Lecanu distingue une matière huileuse, qui se dissout à froid dans l'aloool, et qui laisse à l'incinération un résidu sans acide, outre une graisse solide, qui cristallise en lames blanches, se dissout dans l'alcool bouillant, et donne par la combustion une cendre contenant de l'acide phosphorique.

4° On a admis une série de *matières colorantes* particulières comme entrant dans la composition du cruor, parce qu'en variant les modes de décomposition, on a obtenu des produits diversement colorés, et ces diverses matières ont reçu des noms spéciaux.

Suivant Vauquelin, on obtient la matière colorante du sang en versant sur le caillot quatre parties d'acide sulfurique, préalablement étendues de huit parties d'eau, chauffant le tout pendant six heures à une température de 56° Réaumur, filtrant la liqueur, et ajoutant de l'ammoniaque; le précipité

(1) *Ibid.*, p. 85.
(2) *Ibid.*, p. 101.

qui se produit est purpurin; la dessiccation le rend noir et brillant, et il ne contient pas de fer (1). Mais il est impossible que ce soit là un principe organique; car nulle substance organique ne pourrait supporter une telle action de la part de l'acide sulfurique et de la chaleur, sans se résoudre en ses élémens, qui donneraient lieu à de nouveaux produits. Du reste, cette matière colorante se distingue suffisamment du cruor par son insolubilité dans l'eau et sa grande solubilité dans les acides et les alcalis, avec lesquels elle donne des liqueurs purpurines.

5° La *globuline* de Lecanu se prépare en prenant du sang frais, fouetté et étendu d'eau, y versant du sous-acétate de plomb, pour précipiter l'albumine, filtrant la liqueur, précipitant le plomb par du sulfate de soude, séparant l'acide hydrochlorique par l'alcool et l'ammoniaque, et lavant le résidu avec de l'eau bouillante. Elle est d'un rouge brun, contient du fer, ne se dissout ni dans l'eau ni dans l'alcool, forme avec l'acide hydrochlorique une combinaison soluble dans l'alcool, et donne par les alcalis une dissolution rouge, dans laquelle le chlore, l'acide hydrochlorique, l'acide acétique et l'infusion de noix de galle font naître des précipités (2).

6° Suivant Treviranus, il faut comprendre au nombre des matériaux du sang l'*acide hématique*, qui s'obtient en faisant rougir du charbon de sang avec de la soude, et traitant ensuite le tout par l'alcool; la liqueur évaporée donne des cristaux jaunâtres et un liquide rouge-brun, qui tous deux rougissent par l'addition du nitrate de fer. Cependant il est reconnu, surtout par Engelhart (3), que cet acide est une combinaison d'acide hydrocyanique avec du soufre, ou ce qu'on nomme l'acide hydrosulfocyanique, et qu'il ne doit sa production qu'à la décomposition du sang par la chaleur.

7° Gmelin considère comme le principe colorant du sang la *gliadine*, que l'on obtient en faisant bouillir le caillot avec de l'alcool, et filtrant la liqueur, d'où elle se dépose en flocons

(1) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. III, p. 298.
(2) Bulletin des sc. médicales, t. XXII, p. 242.
(3) *Loc. cit.*, p. 28.

gélatiniformes d'un rouge clair. Elle contient beaucoup de fer. Suivant Berzelius, la gliadine est de l'albumine végétale.

8° L'*érythrogène* est une substance verte, cristallisable, et soluble dans l'alcool, que Bizio a trouvée dans un sang dégénéré par la maladie et putride, et qui, d'après lui, produirait la matière colorante rouge du sang en se combinant avec de l'azote (1).

9° Sigwart admet dans le cruor un pigment brun, de saveur particulière, avec un arrière-goût amer, qui se dessèche en une masse résiniforme, s'humecte à l'air, et se dissout complétement dans l'eau. Il en suppose également un jaune dans la sérosité. L'un et l'autre s'obtiennent par la digestion avec l'alcool, et ne sont probablement autre chose que de l'osmazome.

10° La *cruorine*, que Denis (2) range parmi les principes immédiats du sang, s'obtient en faisant bouillir du cruor ou de l'albumine, mais surtout de la fibrine, dans de l'eau, filtrant la liqueur, l'évaporant jusqu'à siccité, et lavant le résidu avec de l'alcool chaud. C'est une substance incolore, de saveur agréable, mais cependant un peu styptique, insoluble dans l'alcool, soluble dans l'eau, et précipitable par le tannin. Comme elle est soluble dans l'eau froide, et que cependant on ne peut l'extraire du sang au moyen de l'eau, ces deux circonstances indiquent bien positivement qu'elle n'existe pas toute formée dans ce liquide.

11° On a encore admis diverses substances indéterminées dans le sang.

Berzelius indique, outre l'osmazome, une matière animale soluble dans l'eau seulement, et non dans l'alcool. Lecanu regarde cette substance comme de l'albumine gélatineuse, c'est-à-dire comme un mélange particulier d'albumine et de soude.

Home (3) admet, dans le sang, un mucus transparent, élastique et soluble dans l'eau, plus une gelée transparente,

(1) Froriep, *Notizen*, t. VI, p. 161.
(2) *Loc. cit.*, p. 108.
(3) *Loc. cit.*, t. III, p. 27; t. V, p. 100.

également soluble dans l'eau, au milieu de laquelle nageraient les globules formés de fibrine.

Sigwart dit avoir trouvé, après l'extraction des deux matières colorantes indiquées plus haut, que le résidu contenait non seulement une matière soluble dans l'eau et l'alcool, et précipitable par le tannin, mais encore une autre matière animale, qui ne se coagule point par la chaleur, et qui produit seulement, par l'évaporation, des pellicules insolubles dans l'eau et l'alcool.

Il n'est pas douteux qu'en variant le mode d'application de la chaleur, de l'alcool, des alcalis, etc., on ne puisse découvrir d'autres substances encore, qui seraient des variations seulement de celles dont nous venons de parler (1°-8°). La connaissance de ces produits pourra enrichir la chimie animale, pourvu toutefois qu'on s'attache à bien faire connaître la série des transformations dont une même substance est susceptible quand on la soumet à des agens divers, qu'on procède d'une manière comparative, et qu'on embrasse le sujet dans sa totalité, au lieu de ne s'attacher qu'à trouver des substances nouvelles, qu'on isole ensuite les unes des autres, et qu'on présente comme autant de matériaux réels du corps organisé.

12° Tiedemann (1) place la ptyaline parmi les principes immédiats du sang. On en a fait de même à l'égard de l'urée, parce qu'elle a été trouvée dans le sang après l'extirpation des reins. Nul doute que, quand les sécrétions seront dérangées ou la résorption augmentée, ce liquide ne puisse contenir aussi de la matière biliaire, de la spermatine, etc.; mais on n'a point encore présenté d'argument satisfaisant à l'appui d'une opinion rangeant un produit sécrétoire quelconque parmi les principes normaux du sang, et, d'après ce que nous savons de cette humeur, il n'est pas à présumer qu'on arrive jamais à établir sûrement de telles hypothèses.

B. *Substances inorganiques qui existent dans le sang.*

§ 683. Plusieurs substances inorganiques entrent dans la composition du sang.

(1) Traité de physiologie, t. I, p. 337.

1° L'*eau* se place au premier rang. On l'extrait par l'évaporation à une douce chaleur, et l'on en calcule la quantité d'après la diminution que subit le poids du sang. A la vérité, l'évaluation à laquelle on arrive ainsi n'est point rigoureuse, puisque la vapeur aqueuse entraîne avec elle quelques autres parties du sang (§ 667, 2°); mais l'inexactitude qui résulte de là n'est pas assez considérable pour qu'on ne puisse la négliger.

Terme moyen, la proportion de l'eau aux parties solides du sang est d'environ 0,75 : 0,25. Denis (1) a trouvé pour maximum d'eau 0,86, et pour minimum 0,70, de sorte qu'il porte le terme moyen à 0,78. Thackrah l'évalue à 0,75, Whiting et Lecanu à 0,78, Bostock à 0,88, Berzelius à 0,90; les anciennes évaluations, qu'on trouve réunies dans Haller (2), varient de 0,63 à 0,93. D'après les recherches de Berthold, le sang de la Grenouille contient 0,90 d'eau, celui de la Carpe 0,85, celui de la Chèvre 0,83, celui du Pigeon et du Mouton 0,82, celui du Veau et de la Poule 0,80, celui du Bœuf 0,79, celui du Chien, du Chat et du Cochon 0,75, celui de l'homme 0,73 à 0,76.

Le sérum contient à peu près les neuf dixièmes d'eau, de sorte que ce liquide y est, par rapport à l'albumine et aux sels, dans la proportion de 0,9 à 0,1. L'eau du sérum s'élève à 0,678 selon Read Clanny, 0,888 d'après Bostock, 0,875-0,905 suivant Berzelius, 0,900 d'après Marcet, 0,907 selon Davy. Prevost et Dumas ont examiné le sérum de plusieurs animaux sous ce point de vue, mais sans arriver à aucun résultat spécial; le sérum du Lièvre était celui qui contenait le moins d'eau (0,890); venaient ensuite ceux de l'homme, du Cochon d'Inde et de l'Anguille, puis du Veau, du Cheval, du Canard, de la Tortue, etc., jusqu'au Pigeon, dont le sérum était le plus riche en eau (0,944). Cependant il ressort de là que la proportion de l'eau aux parties solides du sérum est, à très-peu de chose près, la même chez les divers animaux vertébrés.

(1) *Loc. cit.*, p. 265.
(2) *Elem. physiolog.*, t. II, p. 98.

On trouve dans le caillot, terme moyen, 0,730 d'eau et 0,270 de parties solides.

Les matériaux coagulés du sang retiennent de l'eau, le cruor moins que les deux autres (0,54), la fibrine davantage (0,05), et l'albumine plus encore (0,85 à 0,90).

2° Le sang frais et encore chaud, mis sous le récipient de la machine pneumatique, dégage de l'*air*, répand des vapeurs, et devient écumeux. Il faut que cet air ait été contenu en lui ; car, bien que le sang absorbe l'air atmosphérique avec beaucoup d'avidité, après sa sortie des vaisseaux, il ne se couvre pas moins d'écume lorsqu'on le porte sous le récipient immédiatement après l'avoir tiré. Il bout aussi à gros bouillons sur le feu. Rosa croit que cet air est mêlé, à l'état de gaz, avec le sang. Suivant Ackermann, il y existerait à celui de demi-gaz. L'une et l'autre hypothèses manquent de preuves. Nous n'avons rien qui nous autorise à concevoir l'air autrement que combiné dans le sang, et par conséquent sous forme liquide. Mais il est très-naturel que des circonstances mécaniques et chimiques le déterminent à s'échapper sous celle de gaz. Presque tous les sangs qu'on examine au microscope contiennent des bulles d'air (§ 665), dont il se dégage beaucoup pendant la coagulation (§ 669, 1°). La quantité d'air que le sang laisse échapper paraît être très-variable et dépendre en partie de circonstances accidentelles : Hales l'estimait à un trente-troisième du sang (1). Quant à la nature de cet air, Parmentier et Deyeux le regardaient comme de l'air atmosphérique, tout en avouant que leurs nombreuses expériences n'avaient pas toujours donné le même résultat à cet égard. Krimer (2) dit avoir trouvé, dans quatre expériences, 0,18 à 0,26 d'acide carbonique, 0,17 à 0,52 d'oxygène, et 0,56 à 0,62 d'azote. Ackermann (3) le considérait comme de l'oxygène. La plupart des observateurs ont constaté que le sang frais donne de l'acide carbonique sous le récipient de la machine pneumatique. Brande dit en avoir retiré deux pouces

(1) Haller, *Elem. physiol.*, t. II, p. 121.

(2) *Versuch einer Physiologie des Blutes*, p. 181, 184.

(3) *De combustionis lentæ phænomenis, quæ vitam organicam constituunt*, p. 7.

cubes d'une once de sang (1), quantité qui paraît être trop forte. D'après Scudamore (2), la plus grande proportion est d'un demi-pouce cube pour six onces de sang. Cependant, suivant Read Clanny, elle s'élève à 0,06 du sang à l'état de santé (3). Humphry Davy a obtenu de douze onces de sang 1,8 pouce cube de gaz, consistant en 1,1 pouce cube d'acide carbonique et 0,7 d'oxygène. Jean Davy nie, au contraire, que du gaz acide carbonique se dégage hors du cas de putréfaction ; car il refuse cet acide au sang frais, prétend qu'il l'absorbe, et assure qu'il ne le laisse point échapper à la température de soixante-quinze degrés (4). Cependant il se dégage du gaz acide carbonique quand on ajoute de l'acide phosphorique étendu ou de l'acide acétique au sang (5).

3° Outre cet acide et l'acide lactique, dont il a été parlé précédemment (§ 682, 2°), on trouve encore de l'acide hydrochlorique et de l'acide phosphorique quand on décompose le sang; celui-ci principalement combiné avec du fer et de la chaux, dans la cendre du cruor et de la fibrine, celui-là surtout, uni à la soude, dans l'extrait alcoolique de l'albumine. Lorsqu'on rencontre de l'acide sulfurique, il paraît n'être qu'un produit de décomposition, et devoir naissance à l'oxygénation du soufre.

4° Le sang contient de la soude pure, de sorte qu'il verdit le sirop de violettes ; l'action sur les couleurs végétales se prononce plus encore dans le sérum. La soude est unie avec l'albumine, et d'une manière si intime, qu'il est difficile de l'en séparer, qu'on n'y parvient que par de fréquens lavages. Lorsque l'albumine coagulée commence à se décomposer peu à peu, la soude s'effleurit. Du reste, suivant Denis (6), elle s'élève de 0,001 à 0,002 du sang.

5° Du carbonate de chaux se trouve dans la cendre du sang et de chacun de ses principes immédiats ; on peut l'en ex-

(1) Home, *Lectures*, t. III, p. 8.
(2) *Versuch ueber das Blut*, p. 89.
(3) Archives générales de médecine, t. XVIII, p. 290.
(4) Heusinger, *Zeitschrift fuer die organische Physik*, t. II, p. 394.
(5) Hunefeld, *Physiologische Chemie*, t. I, p. 242.
(6) *Loc. cit.*, p. 271.

traire par les acides, d'où on le précipite par les alcalis. On le découvre aussi, à l'aide des réactifs, dans une dissolution aqueuse de laquelle on a précipité les substances animales par le moyen du chlore gazeux. Suivant Denis, sa quantité égale à peu près celle de la soude.

6° Les sels forment, suivant lui, 0,0086, et selon Stevens, 0,013 du sang. Ils se composent de chlorure de sodium (0,0042 du sang, d'après Davy), de chlorure de potassium (0,0036), et de phosphate calcaire (0,0008), avec des traces de phosphate de magnésie. Selon d'autres, Berzelius surtout, on y trouve aussi du phosphate de soude. Ces sels s'obtiennent tant en lessivant la cendre et faisant cristalliser la liqueur, qu'en ayant recours aux acides convenables, qu'on précipite ensuite par l'ammoniaque.

7° Parmi les substances combustibles, on distingue le soufre, combiné avec de l'hydrogène, qui annonce sa présence tant par la propriété qu'il a de noircir l'argent exposé aux vapeurs du sérum bouillant, que parce qu'il se dégage du gaz hydrogène sulfuré pendant la putréfaction ou la distillation de l'albumine et du cruor. Le phosphore, combiné avec du gaz hydrogène, se manifeste également pendant la distillation du sang.

8° On reconnaît la présence du fer dans le cruor brûlé : son charbon est attiré par l'aimant, et la cendre donne avec l'acide hydrochlorique une dissolution rouge, de laquelle du fer est précipité par l'ammoniaque, l'hydrosulfate d'ammoniaque, l'hydrocyanate de potasse, et aussi, quand la dissolution a été saturée au moyen de l'ammoniaque, par l'infusion de noix de galle. Le seul cas où l'on ne trouve pas de fer dans la cendre est celui où l'on a ajouté de l'acide hydrochlorique au sang, parce que le chlorure de fer qui se produit alors se volatilise, comme l'a éprouvé Rhades (1), qui, en distillant avec de l'hydrochlorate d'ammoniaque le résidu de la combustion du caillot, obtint du chlorure de fer et d'ammoniaque. Imhof prétendait aussi avoir attiré du fer avec l'aimant, en faisant agir celui-ci sur le caillot non brûlé, mais desséché

(1) *Diss. de ferro sanguinis humani*, p. 11.

et réduit en poudre; mais il est vraisemblable qu'une carbonisation partielle avait eu lieu, car l'expérience générale a enseigné que le sang desséché avec circonspection n'est point affecté par l'aimant (1). Comme on ne peut non plus démontrer la présence du fer dans le cruor liquide à l'aide d'aucun réactif, elle a été totalement révoquée en doute par Wells. Mais Engelhart (2) a découvert que, quand on a fait passer un courant de chlore gazeux à travers une dissolution aqueuse de cruor, de manière à précipiter toute la matière animale, le fer (à l'état de chlorure) peut être démontré dans la liqueur à l'aide de tous les réactifs, et obtenu en même quantité que de la cendre. Il se précipite également lorsqu'on ajoute de l'acide nitrique à une dissolution de cruor dans de l'hydrocyanate de potasse ou dans de l'hydrosulfate d'ammoniaque (3), comme aussi, selon Prevost et Dumas, quand on commence par décomposer la matière animale du cruor par l'ébullition avec de l'acide nitrique, et qu'après avoir filtré la liqueur on y ajoute de l'hydrocyanate de potasse ou d'ammoniaque (4).

Quant à ce qui concerne les quantités proportionnelles, Rhades a trouvé dans la cendre du cruor 0,517 de sels solubles dans l'eau et 0,483 de fer; Berzelius a obtenu de cette même cendre 0,500 d'oxyde de fer et 0,075 de sous-phosphate de fer, en tout, par conséquent, 0,546 d'oxyde de fer, ce qui équivaut à 0,379 de fer métallique. Engelhart a trouvé (5) qu'il y avait 0,05 de fer dans le cruor sec. La quantité du fer, dans le sang entier, est, terme moyen, d'un millième. Rhades l'a trouvée, dans un cas, de 0,0019, et dans un autre de 0,0023. Les nombreuses recherches que Denis a faites (6), lui ont procuré un minimum de 0,0003 et un maximum de 0,0020.

(1) Hunefeld, *Physiologische Chemie*, t. I, p. 49.
(2) *Loc. cit.*, p. 50.
(3) *Ibid.*, p. 25.
(4) *Loc. cit.*, t. II, p. 60.
(5) *Loc. cit.*, p. 51.
(6) *Loc. cit.*, p. 272.

Wurzer dit avoir trouvé, dans le charbon du sang humain, outre 0,054 d'oxyde de fer, 0,017 d'oxyde de manganèse (1).

C. *Proportion des principes constituans.*

§ 684. Denis a donné un aperçu des quantités proportionnelles des principes constituans du sang entier, et, quoique son évaluation ait besoin encore d'être rectifiée sous plus d'un rapport, on peut cependant s'en servir pour le moment. Denis admet (2) quinze matériaux immédiats, dans les proportions suivantes, sur dix mille parties de sang :

Eau	7320.
Cruor	1814.
Albumine	600.
Graisse phosphorée . . .	76.
Chlorure de sodium . . .	42.
Chlorure de potassium . .	36.
Fibrine	25.
Osmazome	13.
Cruorine	10.
Soude, ...	20.
Carbonate de chaux . . .	26.
Phosphate de chaux . . .	8.
Oxyde de fer.	10.

En classant ces substances, on obtient les proportions suivantes.

A. Substances organiques.			2538.
a. Se séparant d'elles-mêmes . . .		2439.	
a. Cruor.	1814.		
b. Albumine.	600.		
c. Fibrine.	25.		
b. Séparées par l'art		99.	
a. Graisse.	76.		
b. Osmazome.	13.		
c. Cruorine.	10.		

(1) Schweigger, *Journal fuer Chemie*, t. LVIII, p. 481.
(2) *Loc. cit.*, p. 117, 297.

B. Substances inorganiques			7462.
a. Substances solides		142.	
a. Sels neutres	78.		
b. Sels terreux	8.		
c. Chaux	26.		
d. Soude	20.		
e. Fer	10.		
b. Eau		7320.	

D'après Lecanu, les proportions ont été les suivantes dans deux cas :

	a	b	a	b	a	b.
A. Substances organiques					2068	2029.
a. Séparées d'elles-mêmes			2001	1925.		
a. Cruor	1330	1196.				
b. Albumine	650	694.				
c. Fibrine	21	35.				
b. Séparées par l'art			67	104.		
a. Matière grasse	24	43.				
b. Matière huileuse	13	22.				
c. Matière extractive	18	19.				
d. Albumine et soude	12	20.				
B. Substances inorganiques					7906	7943.
a. Substances solides			105	87.		
a. Sels neutres	84	73.				
b. Sels terreux et fer	21	14.				
b. Eau			7801	7856.		

II. Constitution chimique du sang.

§ 685. Si maintenant nous reprenons les caractères chimiques du sang, nous reconnaissons en lui une combinaison d'une substance organique particulière avec des substances inorganiques généralement répandues.

I. La matière organique pure se laisse réduire en oxygène, azote, carbone et hydrogène.

1° Ces élémens ne se rencontrent, dans le monde extérieur, que deux à deux, ou à l'état de combinaisons binaires, tandis que, dans le sang et ses matériaux immédiats, ils repré-

sentent une combinaison unique, quaternaire. L'azote ne se trouve dans aucune substance solide du corps terrestre, au moins dégagé, si ce n'est seulement dans l'atmosphère. On le rencontre dans quelques substances végétales et dans presque toutes les substances animales.

2° L'oxygène fait antagonisme aux autres substances élémentaires; il se comporte envers elles comme élément électro-négatif, ce qui fait qu'il se développe au pôle positif de la pile voltaïque. En vertu de l'oxygène qu'elle contient, la substance du sang est un oxide; mais les autres substances élémentaires l'emportent sur elle. D'après l'analyse donnée par Michaelis (1), la proportion serait à peu près la suivante, terme moyen pour le sang artériel et le sang veineux; carbone 52,015, azote 16,760, hydrogène 7,650, oxygène 23,575. L'hydrogène, qui, dans l'eau, est à l'oxygène comme 1 : 8 (11,09 : 88,91), y est dans le sang comme 1 : 3; à quoi il faut ajouter encore l'azote et la grande quantité de carbone, pour donner à la substance du sang une prédominance de qualité électro-positive, en vertu de laquelle elle attire vivement une nouvelle quantité d'oxygène, et brûle en répandant une flamme claire. Mais le sang peut aussi se comporter comme élément électro-négatif quand il réagit sur des substances décidément électro-positives, ainsi qu'il arrive lorsqu'on le met en contact avec un alcali, tandis qu'il se montre électro-positif à l'égard des acides.

3° Les substances élémentaires ne sont pas combinées dans le sang en proportions définies, ou d'après les lois de la stœchiométrie, c'est-à-dire de manière que l'une d'elles représente l'unité dont les autres seraient multiples à certains degrés. Les lois arithmétiques qui, dans les corps inorganiques, déterminent la combinaison des élémens, sous le rapport de la quantité proportionnelle, ne trouvent donc point d'application ici.

II. Sous le point de vue de ses matériaux inorganiques, le sang comprend en lui le cercle entier des substances terrestres, puisque, de chaque classe de corps, il s'y en trouve

(1) Schweigger, *Journal fuer Chemie*, t. III, p. 94.

un, qui représente les autres. Cette particularité semble appartenir essentiellement au sang, chez tous les animaux ; car, par exemple, Erman a trouvé dans celui du Limaçon des vignes du carbonate de soude, du chlorure de sodium, des carbonates et des phosphates de chaux et de fer (1).

4° La plus grande part revient à l'eau, qui résulte d'une combinaison de l'oxygène négatif avec l'hydrogène positif, tient les élémens en équilibre, et représente l'indifférence générale de la matière, en ce qu'elle n'est point combustible et ne joue pas non plus directement le rôle d'acide, mais reçoit bien plutôt en elle les substances étrangères, sans en altérer la qualité : elle n'a ni couleur, ni odeur, ni saveur ; sa cohésion change aisément, et elle se fait remarquer par l'égale facilité avec laquelle elle passe tant à l'état solide qu'à celui de vapeur : elle a une affinité d'adhésion pour un grand nombre de corps solides et de gaz ; tantôt elle les admet entre ses propres molécules, et les fluidifie, tantôt aussi elle est admise entre les leurs, et devient ou solide ou gazeuse ; elle se décompose aisément, et se produit avec non moins de facilité. C'est de tous les corps le plus répandu à la surface de la terre, celui qui sert comme d'intermédiaire à tous les autres. C'est à elle que le sang est redevable de sa liquidité, de sa mobilité et de son aptitude à se décomposer.

5° La principale, parmi les substances douées de l'électricité négative que contient le sang, est l'acide hydrochlorique, qui se distingue de tous les autres acides par l'abondance avec laquelle il est répandu sur la terre, sa volatilité, la facilité avec laquelle il se décompose, et l'absence de l'oxygène (en admettant que le chlore ne soit point une modification de celui-ci).

6° Dans la catégorie des corps animés de l'électricité positive, on distingue d'abord les alcalis, parmi lesquels la soude, qui est le plus répandu de tous dans la nature, se trouve aussi partout dans le sang, tandis qu'on n'y rencontre que çà et là des traces insignifiantes de potasse. Parmi les terres contenues dans le sang, figure la chaux, que son abondance

(1) *Abhandlungen der Akademie zu Berlin*, 1816-1817, p. 210.

sur le globe, sa haute excitabilité chimique, la facilité qu'elle a de se combiner avec l'eau, les acides et les corps combustibles, enfin son grand rapprochement des alcalis et des métaux, rendent si remarquable. Il n'y a que de faibles vestiges de magnésie.

Le métal du sang, le fer, paraît être le chaînon indifférent dans la série des métaux, puisqu'il réunit en lui, d'une manière spéciale, les propriétés de ces divers corps, ressemble aux métaux nobles par sa dureté, sa cohésion, sa contractilité, sa fixité au feu, son peu de fusibilité, sa grande pesanteur, son existence fréquente à l'état natif, et aux métaux inférieurs par sa haute excitabilité chimique et sa propension à s'oxider; sous le rapport de l'électricité positive et négative, envers les autres métaux, il tient le milieu entre eux; c'est en lui que le déploiement de l'antagonisme dans le magnétisme se manifeste de la manière la plus énergique; c'est lui qu'on trouve le plus souvent combiné avec d'autres métaux; enfin c'est le plus répandu de tous dans la nature, où on le trouve au milieu des roches les plus anciennes, notamment le granite, comme parmi les productions les plus récentes de la terre, les tourbes, ainsi que dans les météorites. Le sang ne contient que des traces équivoques de manganèse.

Enfin nous rangeons ici les corps combustibles qui se comportent bien comme élémens électro-négatifs à l'égard des alcalis, des métaux et de l'hydrogène, mais qui, en leur qualité de radicaux d'acides particuliers et de substances douées d'une grande combustibilité, appartiennent à la classe des corps animés de l'électricité positive. Au premier rang se place le phosphore, qui paraît être un produit de la vie organique. On ne trouve que de faibles traces de soufre.

7° Un coup d'œil reporté sur ces diverses substances, nous mène à quelques remarques générales. Les substances inorganiques paraissent être propres de deux manières à représenter, dans le sang, la classe de corps dont elles font partie; d'abord par leur grande extension dans la nature, qui leur donne jusqu'à un certain point le caractère de l'universalité; ensuite par leur variabilité extrême et la facilité avec laquelle elles se décomposent, qui font qu'elles correspondent davan-

tage à la nature du sang. La plupart du temps, ces deux qualités sont réunies ensemble ; le phosphore seul est moins abondant que d'autres combustibles ; mais il les surpasse tous en combustibilité. Au contraire, la soude n'est pas plus décomposable que d'autres alcalis, mais elle est bien plus répandue. Le rapprochement qui existe entre ces substances et la substance animale s'exprime encore dans leurs combinaisons ; ainsi, d'après Berzelius, l'acide phosphorique se combine avec la chaux dans des proportions très-diverses, et le phosphate calcaire paraît moins assujetti aux lois stœchiométriques que d'autres sels terreux. Le sang des animaux inférieurs semble contenir plus de carbonate que de phosphate calcaire, et, sous ce rapport, présenter un développement moins prononcé du caractère animal. Il paraît digne de remarque aussi qu'à côté de chacune de ces substances inorganiques se trouve un corps de sa classe, mais en petite quantité seulement, et jouant en quelque sorte le rôle de son ombre : on voit, en effet, la potasse avec la soude, la magnésie avec la chaux, le manganèse avec le fer, le soufre avec le phosphore.

A. *Etat des principes constituans du sang.*

§ 686. Nous ne pouvons que hasarder des conjectures sur la question de savoir si les substances inorganiques existent dans le sang au même état que celui sous lequel on les en extrait.

I. Il n'est pas douteux que l'eau existe comme telle dans le sang, car les phénomènes de la dessiccation le démontrent (§ 673, 5°). La soude libre annonce sa présence dans le sang non décomposé et le sérum par l'altération qu'elle fait subir aux couleurs bleues végétales : d'ailleurs on ne saurait concevoir qu'elle y fût contenue à l'état métallique. Il n'est point admissible non plus que le phosphore soit pur dans le sang ; mais s'il s'y trouve à l'état d'acide, celui-ci ne peut pas non plus être libre, et il doit être combiné avec une partie de la soude. Rien absolument ne nous autorise à penser qu'il y ait du chlore pur dans le sang, et nous savons, au contraire, que beaucoup de substances qui contiennent de l'acide hydro-

chlorique tout formé, s'introduisent dans l'économie animale. Il est donc très-probable que le sérum représente une dissolution aqueuse de soude, de phosphate de soude et de chlorure de sodium, combinés avec de l'albumine, d'autant mieux qu'on parvient à en extraire ces substances sans être obligé de recourir à des procédés chimiques compliqués.

II. Le fer et la chaux, compagnons caractéristiques du cruor et de la fibrine (§ 577, 4°), présentent de plus grandes difficultés. Nous serions tentés d'admettre dans le sang une matière animale générale, qui représenterait, avec un excès de soude et de sels neutres, l'albumine, avec du fer, le cruor, et avec un excès de chaux, la fibrine; mais nous ne pouvons convertir l'albumine ni en cruor ni en fibrine par une addition de fer ou de chaux, et le seul moyen de sauver notre hypothèse est de supposer que ces formes de la substance du sang résultent d'une combinaison organique spéciale de fer et de chaux produite par l'activité vitale. L'opinion qu'il se trouve là quelque chose de particulier a pour elle aussi que ces corps inorganiques ne manifestent leurs réactions ordinaires et ne laissent reconnaître leur présence qu'après avoir été dégagés de la substance organique, soit que celle-ci ait été détruite par le feu, soit qu'elle ait été séparée, par exemple, à l'aide du chlore (§ 674, 4°). Les hydrocyanates, la teinture de noix de galle, le sulfure de potassium, la baryte, l'acide oxalique, etc., ne font découvrir, ni dans le sang frais, ni dans une dissolution acide de cruor ou de fibrine, aucune trace de fer ou de chaux, et l'acide nitrique, qui s'empare de tout le fer et de toute la chaux contenus dans la cendre du sang, n'attaque point le charbon de celui-ci, même à la chaleur de l'ébullition, de sorte que, quand on vient ensuite à réduire en cendres le charbon, il donne tout autant de métal et de terre que si on ne l'avait pas traité par l'acide nitrique. Ceci s'applique aux parties végétales comme au sang. Aussi Abernethy (1) pense-t-il que les substances inorganiques se forment seulement pendant la décomposition, et il s'appuie à cet égard d'une expérience d'après laquelle cinq onces de sang

(1) *Chirurgische und physiologische Versuche*, p. 96.

frais auraient donné cent deux grains de cendres, avec six grains de sels, vingt de carbonate calcaire et peu de fer, tandis qu'une égale quantité du même sang, qui avait été conservée pendant quatre mois, donna soixante et dix-huit grains de cendres, avec quinze grains de sels, quarante de phosphate calcaire, et beaucoup de fer. Krimer (1) dit aussi avoir obtenu une plus grande quantité de fer du sang putréfié que du sang frais. Cependant ces expériences auraient besoin d'être répétées avec soin pour qu'on pût en tirer des conclusions, et d'ailleurs on ne concevrait pas comment la production du fer et de la chaux pourrait résulter d'une addition de chlore. Mais Rose (2) a démontré que la substance organique du sang enlève aux matières inorganiques contenues dans ce liquide la propriété d'être précipitées par les réactifs; il a fait voir que l'ammoniaque ne précipite point de fer d'une dissolution de cruor dans laquelle on a fait passer du chlore, à moins qu'elle n'ait été débarrassée de la substance organique par la filtration, que, dans le cas contraire, l'ammoniaque dissout la matière organique, et qu'alors celle-ci retient le fer; il a reconnu de plus qu'en ajoutant même de l'oxide de fer au cruor, on ne parvenait à le découvrir ni par l'ammoniaque, ni par l'hydrosulfate d'ammoniaque, ni par le tannin : enfin il s'est assuré que toutes les substances organiques solubles dans l'eau et non susceptibles de se volatiliser par la chaleur, comme la gélatine, le sucre de lait, le sucre, l'amidon et la gomme, s'opposaient à ce que l'oxide de fer et l'alumine fussent complétement précipités par les alcalis caustiques.

Le calcium est si oxidable qu'il serait bien difficile que la chaux existât à l'état métallique dans le sang. L'affinité de cette terre pour les acides ne permet guère non plus qu'elle s'y trouve à celui de pureté, et probablement elle y est à l'état de sous-phosphate calcaire.

Quant à ce qui concerne le fer, Fourcroy et Vauquelin admettaient que le sang le contient à l'état de sous-phosphate,

(1) *Versuch einer Physiologie des Blutes*, p. 281.

(2) Poggendorff, *Annalen der Physik*, t. LXXXIII, p. 82.

dissous dans le sérum à la faveur de la soude, attendu que cet alcali enlève au phosphate de fer une partie de son acide et le convertit en sous-sel. Mais la fixité de l'acide phosphorique au feu devrait faire que tout l'oxide de fer fût phosphaté dans la cendre, ce qui n'est pas. Aussi d'autres prétendent-ils que le métal est combiné avec un acide décomposable par le feu, et que Denis dit être encore de nature inconnue (1). Treviranus (2) regardait comme tel son acide hématique, auquel il attribuait de soustraire à l'action des réactifs le fer dont il produit la solubilité dans le sang; mais l'acide hématique n'existe incontestablement point dans ce liquide (§ 682, 6°), et le fer qu'il tient en dissolution est facile à découvrir par le moyen des réactifs, suivant Engelhart (3). Berzelius pense que le fer est à l'état métallique, attendu que le chlore, qui l'extrait du cruor, n'a point d'affinité pour les oxides métalliques, mais en a une très-forte pour les métaux à l'état de régule. A cela on peut répondre qu'il est sans exemple qu'une matière organique se combine avec un métal pur, tandis que les combinaisons avec des oxides sont très-communes. L'analogie nous autorise donc à penser, avec Engelhart, Prevost et Dumas, que le fer est combiné avec la substance du sang à l'état d'oxide ou de peroxide. Berzelius (4) objecte qu'alors l'acide hydrochlorique, qui a beaucoup d'affinité pour l'oxide, devrait l'extraire, tandis qu'il précipite le fer avec le cruor; cependant ce ne serait pas là un argument, puisque le chlore, en vertu de son affinité pour la matière organique pure du sang, la coagule, en laissant le fer et la chaux dans la liqueur.

B. *Cause des qualités physiques du sang.*

§ 687. L'explication chimique des qualités physiques du sang se réduit à de pures conjectures.

I. A l'égard de la *liquidité*, on ne peut avoir égard ici qu'à celle de l'albumine dans le sérum, puisque le cruor est simplement tenu en suspension, et que la fibrine, comme objet

(1) *Loc. cit.*, p. 99.
(2) *Biologie*, t. IV, p. 565.
(3) *Loc. cit.*, p. 28.
(4) Traité de chimie, t. VII, p. 60.

de la chimie, se présente toujours à l'état solide. La difficulté de déterminer quelle est la circonstance matérielle à la faveur de laquelle l'albumine devient soluble dans l'eau, dépend de ce que des actions totalement différentes (chaleur, acides, alcool) détruisent cette solubilité, en opérant la coagulation, sans qu'on ait pu jusqu'à ce jour reconnaître en quoi les caillots diffèrent les uns des autres.

Notre attention se porte d'abord sur les sels qui sont unis avec l'albumine. Les acides coagulent cette dernière, soit en s'emparant de la soude du sérum, soit peut-être aussi en décomposant un sel neutre de cet alcali, par exemple, du lactate de soude, selon Krimer (1). Mais la chaleur et l'alcool anhydre ne neutralisent pas la soude, ils ne décomposent point non plus de sel neutre, et cependant ils produisent la coagulation de l'albumine. Brande prétend que, sous l'influence de la chaleur, la soude passe de l'albumine à l'eau ; mais alors la coagulation devrait être d'autant plus rapide et abondante, qu'il y aurait davantage d'eau, tandis qu'au contraire le sérum étendu d'une très-grande quantité d'eau ne se coagule presque pas. Suivant Prevost et Dumas, la coagulation tient à ce que la soude attire de l'acide carbonique; mais il n'est pas prouvé, et même il est improbable, que cet alcali ne soit pas déjà carbonaté dans le sérum liquide. Fourcroy pensait que l'albumine se coagule en absorbant l'oxygène de l'atmosphère (§ 678, 3°); mais la chaleur la coagule aussi dans des vases clos et dans le gaz hydrogène. L'alcool lui soustrait de l'eau ; mais elle se coagule également par la chaleur quand on remplace l'eau par d'autre à mesure qu'elle s'évapore, et une fois qu'elle est coagulée, l'eau ne la redissout plus. Nous devons donc nous en tenir à ce fait que l'albumine est, par elle-même, soluble dans l'eau, mais qu'elle perd sa solubilité quand certaines actions chimiques viennent à la modifier ; or le gaz hydrogène sulfuré qu'elle dégage en se coagulant par la chaleur annonce qu'elle subit alors un commencement de décomposition.

II. La *saveur* du sang paraît dépendre de ses sels.

III. Suivant Denis (2), son *odeur* tiendrait à la graisse phos-

(1) *Loc. cit.*, p. 259.
(2) *Loc. cit.*, p. 281.

phorée; mais cette graisse n'existe très-probablement pas dans le sang, et le chlore détruit l'odeur de celui-ci. D'autres admettent un principe odorant spécial, que Couerbe (1) dit être un acide volatil; mais l'examen de la vapeur du sang (§ 667, 2°) n'y a rien fait découvrir de semblable. Quand on distille de l'alcool avec du sang, il prend l'odeur de ce dernier, et cependant les réactifs n'exercent aucune influence sur lui. Barruel (2) a découvert que l'odeur est plus forte lorsqu'on ajoute de l'acide sulfurique au sang ou à l'un de ses matériaux immédiats, et l'on pourrait présumer que l'acide produit ce phénomène en se combinant avec la soude du sang de manière à mettre un autre acide quelconque en liberté (*).

IV. Denis prétend, sans le prouver, que la *couleur* du sang dépend de la graisse chargée d'osmazome et de phosphore. On a entrepris de longues recherches pour découvrir à quoi tient la rougeur de ce liquide; elle peut dépendre soit d'un pigment particulier, de nature organique ou inorganique, soit d'une combinaison de substances.

1° Comme le fer prend une couleur rouge dans certaines circonstances, et qu'on le rencontre dans le sang, on a présumé qu'il était le principe colorant de ce dernier. Cette hypothèse admise, le fer ne pouvait pas exister dans le sang à l'état métallique (§ 686, II), puisque, sous cette forme, il n'a qu'une teinte grise. Il devait donc s'y trouver à l'état d'oxyde; mais, d'après Berzelius, l'oxyde de fer se dissout dans le sérum sans lui communiquer une couleur rouge. Fourcroy et Vauquelin supposaient le métal à l'état de sous-phosphate, parce que le sérum contenant du phosphate de fer rougit par l'addition de la potasse, et Berzelius a vu l'albumine rougir quand il l'agitait fortement avec ce sel; mais, dans l'un et l'autre cas, on obtient une couleur de rouille, qui diffère totalement de celle du sang, et l'on peut précipiter le fer de la liqueur. Treviranus pense que le métal est dissous dans l'acide hématique (§ 682, 5°); mais nous avons

(1) Annales d'hygiène publique et de méd. légale, t. II, p. 479.

(2) *Ibid.*, t. I, p. 274.

(*) Comparez, à cet égard, Raspail, Nouv. syst. de chimie organique, p. 382.

vu que l'existence de cet acide n'est point prouvée. D'ailleurs il est difficile de concevoir que le fer, qui n'entre que pour un millième dans le sang, ou un vingtième dans le cruor sec (§ 683, 8°), puisse lui communiquer une teinte rouge aussi intense que la sienne.

2° D'autres admettent un pigment purement organique, qu'ils appellent *hématosine*, ou matière colorante du sang. Berzelius et Engelhart ont suffisamment réfuté l'assertion de Brande (1), qui prétendait que le cruor ne renferme pas plus de fer qu'aucune autre partie animale quelconque, notamment que le sérum et la fibrine. Wells paraît avoir élevé une objection plus importante contre le fer (2), en disant qu'aucune couleur métallique ne se détruit à une chaleur de soixante degrés, comme il arrive à celle du sang; cependant, si le cruor brunit par la coagulation, on peut rétablir la couleur rouge, au dire d'Engelhart (3). Wells ajoute que la couleur métallique qui est détruite par la potasse se laisse rétablir par les acides, ce qui n'arrive point au cruor, et que, la matière colorante du sang étant soluble dans l'eau, le fer devrait exister à l'état de sel, ce qui n'est pas; mais ce dernier fait n'est pas démontré d'une manière rigoureuse, et le premier prouve seulement que le fer ne peut point être considéré comme le pigment proprement dit. Selon Brande, la matière colorante du sang est précipitée par les sels métalliques, le chlorure d'étain par exemple, et combinée avec eux d'une manière si intime qu'il y aurait possibilité de l'employer, comme d'autres pigmens organiques, à la teinture des étoffes; ce n'est cependant point encore là une preuve que le fer n'ait aucune part à la couleur du sang.

Ce qui démontre que les substances colorantes énumérées précédemment (§ 682, 4°-9°) n'existent pas dans le sang vivant sous la forme qu'elles affectent entre les mains des chimistes, c'est qu'on ne les obtient qu'en exerçant sur le sang des actions très-vives, qui doivent nécessairement décomposer la substance organique. Mais la question se présente de savoir

(1) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. II, p. 297.

(2) *Philos. Trans.*, 1797, p. 427.

(3) *Comm. de vera materiæ sanguini purpureum colorem impertientis natura*, p. 13.

si l'on ne parvient point aussi à extraire une matière colorante à l'aide d'un traitement simple, et si par conséquent le cruor ne serait pas composé d'une partie colorée et d'une autre incolore. La réponse a été presque toujours affirmative; car Schrœder (1) et autres observateurs, sur l'exactitude desquels on peut compter, disent que les globules du sang restent sans couleur quand on a extrait leur matière colorante par le moyen de l'eau. S'il en est réellement ainsi, ces deux parties sont primitivement ou séparées, ou non séparées dans les globules. Home et quelques autres auteurs admettaient le premier cas, parce qu'ils croyaient avoir trouvé le siége de la matière colorante dans l'enveloppe (§ 691, I), après l'enlèvement de laquelle reste un globule plus petit et incolore, comme le dit aussi Young (2). Mais, suivant la remarque de Blainville (3), il est certain que l'enveloppe, quand elle se détache par lambeaux, ne paraît pas plus colorée que le noyau, et Raspail assure que les globules décolorés du sang ont le même volume qu'auparavant (4). (Les observations de Home sur le noyau et l'enveloppe, notamment sur le siége de la matière colorante dans cette dernière, ne s'accordent pas avec les miennes. Si l'on étend le sang de Grenouille d'une très-grande quantité d'eau, la matière colorante se dissout dans l'espace de vingt-quatre heures, et rend l'eau rougeâtre, tandis que les globules conservent le volume et la forme qu'ils avaient auparavant, c'est-à-dire une forme elliptique, très-aplatie, avec une élévation elliptique dans le milieu, de sorte qu'ils ressemblent à un plat ovale du côté de la convexité. Il semble donc que, dans l'état frais, la matière colorante pénètre toute la substance du globule, à l'état de dissolution) (5).

Moscati prétendait qu'il n'y a que le noyau qui soit le siége de la matière colorante. Cette opinion, qu'on attribue aussi à

(1) *Loc. cit.*, p. 49.

(2) *Jahresbericht ueber die Fortschritte der physikalischen Wissenschaften*, t. I, p. 324.

(3) *Loc. cit.*, t. I, p. 214.

(4) Nouveau syst. de chim. organique, p. 369.

(5) Addition de J. Muller.

Gruithuisen (1), n'est pas plus fondée que l'autre. Mais, sans prétendre rien décider à cet égard, je dois avouer qu'il ne m'a pas plus réussi qu'à Hodgkin et Lister (2) de jamais voir distinctement la matière colorante se séparer des globules, qui, chez les Grenouilles surtout, sont plutôt gris que rouges. J'ai reconnu que le globule entier se dissout dans l'eau, qui par là se colore; et ceux qui résistaient plus long-temps que les autres à la dissolution, ne m'ont pas paru autrement colorés que dans le principe, de sorte que je crois devoir considérer leur substance entière comme la seule partie colorée du sang qu'on puisse mettre en évidence.

3° Quoi qu'il en soit, on ne peut au moins pas, sans des motifs autres que ceux qui ont été allégués jusqu'ici, conclure de la couleur particulière du cruor qu'il existe dans le sang une matière colorante spéciale; car c'est une bien mauvaise tendance que celle de vouloir assigner une substance propre à chaque propriété, et on ne peut mieux la comparer qu'avec la propension des physiologistes à chercher la cause de chaque phénomène vital dans un organe particulier. La couleur du cruor peut être le résultat de sa composition entière. Tout ce qui dérange la proportion de ses principes constituans, change aussi sa couleur; et comme sa constitution chimique, en général, n'est que le produit de la vie, nous ne pouvons pas non plus rétablir sa couleur avec les moyens empruntés à la nature inorganique. Mais si le cruor en bloc contient la raison suffisante de sa couleur, chacune des substances qui le constituent, notamment le fer, y prend part. Le cruor étant le seul des matériaux immédiats qui ait une teinte rouge, et le seul aussi qui contienne du fer, dire que sa rougeur tient à ce métal, ne serait donc point une erreur dans le sens qui vient d'être établi. En effet, ainsi que le fait très-bien remarquer Berzelius, le fer ne se comporte point ici comme une matière tinctoriale, qui teindrait le sang, mais comme un élément qui, par sa combinaison avec d'autres élémens, produit un corps rouge, à peu près de même que l'oxyde de

(1) Smidt, *Ueber die Blutkœrner*, p. 35.
(2) Froriep, *Notizen*, t. XVIII, p. 241.

mercure est rouge, quoique le mercure et l'oxygène ne le soient ni l'un ni l'autre.

Les substances carbonées sont celles surtout qui se montrent colorées, c'est-à-dire qui décomposent la lumière, et, de toutes les parties du corps, celle qui offre la coloration la plus intense est le pigment de l'œil, qui, avec du fer, contient plus de carbone qu'aucune autre ; le cruor ne représenterait-il pas une combinaison analogue ? Autenrieth prétendait que c'est lui qui, après le pigment oculaire, donne la plus grande quantité de résidu charbonneux, et Nasse (1) faisait provenir de là sa couleur, comme aussi Huenefeld (2) croit vraisemblable que la couleur du sang tient à une combinaison de fer contenant très-peu d'oxygène avec une substance animale fort riche en carbone. Cette couleur paraît donc être originairement foncée, ou d'un rouge tirant sur le noir, et devoir surtout sa teinte plus claire aux sels neutres ; car tout sang quelconque s'éclaircit quand on y ajoute de tels sels. Steevens a trouvé que, dans la fièvre jaune, le sang était extraordinairement pauvre en sels, et noir comme de l'encre, mais qu'il redevenait vermeil par l'addition d'un sel neutre (3).

CHAPITRE II.

Du sang dans l'organisme.

§ 688. De même que nous commençons par ouvrir des cadavres avant de chercher à approfondir la conformation matérielle de l'organisme, de même nous avons considéré jusqu'ici le cadavre du sang, afin d'acquérir les données nécessaires pour nous élever à la connaissance de sa vie. Le premier pas que nous faisons sur cette nouvelle route nous mène à examiner quel est l'état du sang dans l'intérieur de l'organisme.

1. QUALITÉS DU SANG DANS L'ORGANISME.

a. *Etat physique de ses parties.*

Pendant la vie, le sang contenu dans les vaisseaux se com-

(1) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. III, p. 448.
(2) *Loc. cit.*, t. II, p. 79.
(3) *Medico-chirurgical review*, t. XXV, p. 217.

pose manifestement de *globules*, que nous connaissons déjà (§ 664), et d'un liquide limpide comme de l'eau, qu'on appelle *sérosité* (*lympha sanguinis*). C'est ainsi que le microscope nous le montre dans les parties transparentes des animaux vivans, par exemple le mésentère des Mammifères, l'aile des Chauve-souris, la membrane natatoire des Grenouilles, la queue des Salamandres, les branchies du Protée, les nageoires des Poissons, le corps de certains embryons en partie au moins transparens, tels que ceux des Oiseaux et des Poissons, enfin celui des larves de Salamandres. Mais si, au lieu de la lumière réfractée ou passant à travers l'objet, on emploie la lumière directe, celle qui tombe sur ce dernier, on peut faire la même observation partout où les vaisseaux sont très-déliés et non couverts d'une masse opaque. Gruithuisen (1) prétend même qu'en cherchant à découvrir des étoiles à l'œil nu, après le coucher du soleil, il lui est arrivé d'apercevoir les globules du sang de son propre œil, sous la forme de petits corps brillans dont le mouvement devenait plus rapide quand sa circulation s'accélérait par suite d'un effort ; mais ce n'étaient là sans doute que des illusions, puisqu'on ne peut point songer à chercher dans l'œil les moyens de grossissement qui sont nécessaires pour apercevoir les globules du sang; d'ailleurs les vésicules admises par Gruithuisen dans le sang semblent n'être que des bulles d'air (§ 665).

I. Suivant Grimaud (2), Capilupi croyait que le sang n'est point liquide dans le corps vivant, et qu'il y représente un tissu fibreux constituant une partie des vaisseaux. Une telle hypothèse ne mérite pas qu'on la réfute. Rosa regardait la sérosité transparente du sang comme de l'air (3), et Dœllinger (4) prétendait que l'existence d'un semblable liquide est non seulement incertaine, mais même improbable, les globules pressés les uns contre les autres ne laissant aucun vide entre eux, de sorte que, suivant lui, le sang ne serait pas

(1) *Medizinisch-chirurgische Zeitung*, 1822, t. I, p. 344.

(2) Cours complet de physiologie, t. II, p. 93.

(3) *Giornale per servire alla storia raggionata della medicina di questo secolo*, t. I, p. 268.

(4) *Was ist Absonderung, und wie geschicht sie?* p. 21.

plus liquide qu'un tas de pois, et qu'il coulerait non comme de l'eau, mais comme du sable dans un sablier. En émettant cette conjecture, l'ingénieux Dœllinger n'a pas tant voulu la présenter comme une opinion arrêtée, que montrer par un exemple qu'il ne faut rien admettre, dans la sphère de nos connaissances acquises par les sens, qui ne tombe immédiatement sous ces derniers. La sérosité du sang n'est assurément pas plus visible, à cause de sa transparence, que l'eau contenue dans un verre; mais les autres phénomènes nous autorisent à conclure qu'elle existe. En observant les vaisseaux capillaires, surtout quand la circulation se fait avec lenteur, on aperçoit les globules du sang distincts les uns des autres et séparés par des intervalles plus ou moins grands, qu'un fluide gazeux ou liquide doit remplir, puisque les globules s'y meuvent avec agilité. Or le mouvement de ces globules n'est ni une chute, comme celle du sable dans un sablier, ni une rotation, comme celle de pois glissant les uns sur les autres, mais une natation; ils doivent donc se mouvoir ou dans l'air ou dans l'eau, c'est-à-dire nager ou voler. Quand le sang s'arrête dans un rameau, les globules qui viennent après rétrogradent déjà dans la branche et avant d'être arrivés à l'endroit de la stase (1). Dœllinger a vu un globule, dont l'une des extrémités était accrochée à la paroi vasculaire, flotter par l'extrémité opposée suivant le rhythme du flot de sang (2). Lorsqu'un tronc vasculaire a été pendant quelque temps sans recevoir de sang, et qu'il recommence, par exemple après la cessation de la compression, ou après le retour des battemens du cœur, à chasser ce liquide dans les vaisseaux capillaires, les globules du sang rentrent en mouvement avant d'avoir été touchés ou poussés par ceux qui viennent du tronc (3); il doit donc y avoir entre eux un liquide qui, mis lui-même en mouvement, les entraîne. Un courant d'air ne saurait être admis, parce qu'à part tous les autres argumens qui s'éleveraient contre cette hypothèse, il ne sort point d'air libre d'un vaisseau ouvert: nous

(1) Haller, *Opera minora*, t. I, p. 83.
(2) *Denkschriften des Akademie zu Muenchen*, t. VII, p. 184.
(3) Haller, *Opera minora*, t. I, p. 181.

apercevons, au contraire, dans les gouttes de sang qui viennent de s'échapper, outre les globules, un liquide transparent et incolore, qui est invisible par lui-même, mais que ses limites par rapport au verre sur lequel il repose font remarquer. Quelquefois aussi il sort, par l'ouverture d'un vaisseau, un liquide sans couleur et sans globules. Les courans plus considérables ne présentent point d'intervalles, il est vrai, parce que les globules du sang sont opaques; mais comme ces globules ne sont pas des cubes exactement adaptés les uns aux autres, il doit y avoir partout des interstices. Nous pouvons donc considérer l'existence de la sérosité du sang comme prouvée.

II. L'existence des globules du sang n'est pas moins certaine. Nous les voyons dans l'intérieur des vaisseaux, comme dans le sang qui vient de s'en échapper, et nous remarquons que, quand la circulation s'arrête et la vie s'éteint, ils perdent leur forme particulière dans les vaisseaux, de manière qu'ils ont en grande partie disparu dans le sang qu'on tire de ces canaux quelque temps après la mort, comme on n'en découvre également plus dans celui qui a été extrait pendant la vie, mais conservé long-temps. Nous concluons de là qu'ils font partie de l'essence du sang. Mais Schultz (1) a été plus loin; car il admet leur existence permanente. Ayant remarqué un tremblotement dans le courant du sang, il l'attribue à un mouvement intestin des élémens de ce liquide, qui, suivant lui, seraient en conflit continuel, se transformeraient sans cesse les uns dans les autres, et sans cesse aussi se décomposeraient, de manière que leur substance ne cesserait pas un seul instant de se produire et de se détruire, et qu'elle ne prendrait la forme sphérique que par l'addition do l'eau, qui lui ferait perdre en même temps son mouvement propre. Burkhart (2), qui adopte cette doctrine, prétend que les globules ne sont point matériaux constituans du sang vivant, qu'on doit voir en eux les premiers commencemens du caillot produit par la coagulation, que quand la vie est faible chez un animal, on

(1) *Der Lebensprocess im Blute*, p. 31-36, 66.

(2) *Ueber das Blut und das Athmen*, p. 27, 43.

seulement dans une de ses parties, ils se forment dans les vaisseaux, dès que le sang commence à mourir, mais que le tremblotement du sang n'est point visible là à cause de l'opacité des parois vasculaires, quoiqu'il doive avoir lieu tout aussi bien dans leur intérieur que hors d'eux, puisque c'est une manifestation fondamentale de la vie du sang.

Cette théorie repose sur une erreur d'observation. Quand on examine du sang frais au microscope, on voit des corps bien limités, qui se croisent, montent et descendent; et quand le mouvement cesse, on remarque, dans les globules en repos, la même forme que dans ceux qui, suivant J. Muller (1), restent tranquilles à la périphérie d'une goutte dont le milieu est agité du mouvement le plus vif. Du reste, on n'a pas besoin d'étendre le sang d'eau pour découvrir ce mouvement des globules, et il suffit de l'étaler en couches de médiocre épaisseur. Le tremblotement vague dont Schultz a fait la base de sa théorie, se voit, d'après Muller (2), dans tout liquide composé qu'on examine à la clarté du soleil, après l'avoir agité, par exemple dans le lait bouilli, le mucus, la salive, l'urine et le café. Meyen (3) l'a observé aussi dans le gruau d'avoine, et il l'attribue à ce que, le liquide n'ayant pas une densité uniforme, la réfraction de la lumière y change à chaque instant.

Un tremblotement des globules, sur lequel nous reviendrons encore plus tard (§ 740), a donc lieu dans le sang sorti des vaisseaux. Mais il n'y a pas le moindre motif d'admettre rien de semblable dans le corps vivant, puisque le sang se trouve, pendant la vie, dans un tout autre état et dans des conditions tout autres que sur le porte-objet du microscope. Des milliers d'observations, simples et faciles à répéter, prouvent que, chez un animal plein de vie et non blessé, par exemple dans la membrane interdigitaire d'une Grenouille, les globules du sang marchent d'une manière uniforme dans une direction déterminée, sans se détourner le moins du monde,

(1) *Isis*, 1824, p. 288.

(2) *Ibid.*, p. 274. — Berzelius, *Jahresbericht der Schwedischen Akademie der Wissenschaften*, p. 79.

(3) *Isis*, 1828, p. 407.

ni s'attirer les uns les autres. On n'aperçoit pas le moindre vestige de l'espèce de coruscation tremblotante dont parle Schultz. Cette théorie ne repose donc sur aucun fait. D'ailleurs, considérée en elle-même, elle est insoutenable. Que des parties homogènes s'attirent par une force inhérente, qu'elles se confondent ensemble, et que, sans former de masses plus volumineuses, elles se séparent au même instant, ce sont là des idées inconciliables avec celles que l'expérience nous a procurées de l'attraction et de la répulsion, de la synthèse et de l'analyse des corps, outre que, nulle part dans la nature, on ne rencontre rien d'analogue.

Il est donc certain, comme le dit aussi Muller (1), que le sang vivant et circulant se compose d'une sérosité et de globules concrets.

1° Suivant la remarque déjà faite par Hewson (2), puis confirmée par Prevost et Dumas (3), les globules du sang ont la même forme et le même volume dans les vaisseaux du corps vivant qu'au dehors de ces réservoirs. Wedemeyer (4) prétend qu'ils paraissent toujours plus gros dans ce dernier cas.

2° Ils nagent à côté et à la suite les uns des autres, sans exercer d'action mutuelle sensible, sans perdre leur propre délimitation. Ce n'est que quand le mouvement du sang s'arrête, par la diminution de l'activité vitale et l'intermittence des battemens du cœur, ou par la violence de l'inflammation, qu'ils contractent adhérence ensemble et se confondent en une seule masse; mais si le cœur recommence à battre, ou si l'inflammation diminue, ils se désagrégent, et se remettent à nager, séparés les uns des autres, comme auparavant. Ces phénomènes, qui ont été observés pendant l'intermittence du pouls, par Haller surtout (5) et Wedemeyer (6), dans les inflammations par Kaltenbrunner, et dans la compression des veines

(1) *Isis*, 1824, p. 287.
(2) *Experimental inquiries*, t. III, p. 28.
(3) Biblioth. univers. de Genève, t. XVII, p. 298.
(4) *Untersuchungen ueber den Kreislauf des Blutes*, p. 354.
(5) *Opera minora*, t. I, p. 189.
(6) *Loc. cit.*, p. 195.

par Baumgaertner (1), sont les seuls qui aient fourni des exemples avérés d'union et de désunion de globules du sang. Leeuwenhoek, qui admettait que chaque globule se compose de six sphères, résultant aussi chacune de six sphérules (2), croyait les avoir vus se diviser en ces diverses particules (3). Quoique ce ne fût là qu'une hypothèse, Boerhaave, Gorter et Vanswieten l'adoptèrent, afin d'en faire l'application à la théorie de phénomènes pathologiques (4). Mayer prétend (5) avoir observé fréquemment, dans l'embryon de Brebis, que deux petits globules se réunissaient en un plus gros, qui continuait de marcher dans la même direction; s'il ne s'agit point là de bulles d'air (§ 665), le fait ne pourrait probablement se rapporter qu'à des cas de stase du sang.

3° Il arrive quelquefois aux globules du sang de se replier ou de s'allonger davantage dans le courant, phénomène que Weber (6), par exemple, a observé sur des têtards de Grenouille; et comme ils ne tardent pas à reprendre leur forme primitive, cet effet paraît dépendre d'une action mécanique exercée sur eux et de leur élasticité (§ 664, 9°). On l'a surtout observé fréquemment dans les endroits où le courant changeait tout à coup de direction. Ainsi Haller (7) et Spallanzani (8) ont vu les globules, l'un se ployer, l'autre s'allonger dans les flexuosités d'un vaisseau. Schmidt a remarqué aussi qu'ils s'infléchissaient au moment de passer dans une branche latérale (9), et Dœllinger a fait la même observation sur les globules qui entraient isolés dans un petit courant rapide et qui étaient en même temps obligés de changer de direction (10). On ne sait point encore s'ils subissent dans les petits vaisseaux une compres-

(1) *Beobachtungen ueber die Nerven und das Blut*, p. 181.
(2) *Philosoph. Trans.*, 1674; p. 23, 121.
(3) *Ibid.*, 1700, p. 556.
(4) Haller, *Elem. physiol.*, t. II, p. 64.
(5) *Supplemente zur Lehre vom Kreislaufe*, p. 71.
(6) *Anatomie des Menschen*, t. I, p. 159.
(7) *Opera minora*, t. I, p. 179.
(8) Expériences sur la circulation, p. 177.
(9) *Loc. cit.*, p. 29.
(10) *Denkschriften der Akademie zu Muenchen*, t. VII, p. 181.

sion qui les rende plus grêles. Haller n'a jamais pu rien voir de semblable (1). Reichel (2) prétend qu'ils sont ronds dans la Grenouille, et qu'ils ne prennent que dans les capillaires la forme oblongue, qu'ils conservent aussi en partie dans les veines ; Wedemeyer (3) affirme la même chose ; mais les globules de la Grenouille sont toujours elliptiques, tant dans le sang artériel que dans le sang veineux. Hunter dit qu'ils prennent une forme elliptique en traversant les petits vaisseaux. Wedemeyer (4) assure avoir fait la même observation. Dœllinger les a également vus quelquefois s'allonger dans les capillaires les plus déliés, où ils ne pénètrent plus qu'un à un ; mais il assure qu'on les voit plus souvent alors se tourner de manière à former un angle droit avec l'axe du courant, ce qui annonce que l'espace est encore suffisant pour eux, et que les parois du vaisseau ne peuvent pas les comprimer. Du reste, il n'a observé cet allongement que dans le courant veineux, là surtout où il est le plus rapide, c'est-à-dire au voisinage d'une branche, et il le regarde comme un indice de la tendance qu'éprouvent les globules à s'unir les uns avec les autres.

4° Nous devons encore faire mention ici des diverses hypothèses qui ont été imaginées relativement à la substance des globules du sang. Cette substance peut être hétérogène ou homogène : dans le premier cas, elle peut être liquide au centre et solide à la circonférence (5°), ou molle en dehors et ferme en dedans ; dans le second (6°), celui d'une substance solide partout, le centre et la périphérie peuvent ou être séparés (7°), comme un noyau et son enveloppe, ou avoir une densité diverse (8°), et enfin ne pas différer l'un de l'autre (9°).

5° Si l'extérieur est solide, ou vésiculeux, le contenu peut être gazeux ou liquide.

Haller (5) a démontré que les globules ne sont pas des

(1) *Elem. physiol.*, t. II, p. 58.

(2) *De sanguine ejusque motu experimenta*, p. 19.

(3) *Loc. cit.*, p. 229.

(4) *Loc. cit.*, p. 221, 351.

(5) *Opera minora*, t. I, p. 65, 180. — *Elem. physiolog.*, t. II, p. 60.

bulles d'air (§ 665), parce qu'ils constituent la partie la plus pesante du sang, qu'ils n'acquièrent pas par la chaleur un volume plus considérable que celui qu'ils ont à froid, et qu'ils ne changent point de forme sous le récipient de la machine pneumatique.

Weiss et Poli pensent qu'ils renferment un liquide (1). Mais, quand on les déchire, on ne voit jamais de liquide s'en échapper; loin de là même, lorsqu'ils se dissolvent, ils laissent une noyau solide.

Malpighi (2), qui les avait découverts dans le courant veineux du mésentère, les regardait comme des vésicules adipeuses; mais ils se dissolvent dans l'eau, et ne sont pas plus combustibles que les autres parties du sang.

6° Ackermann (3), ayant placé une Grenouille sous le récipient de la machine pneumatique, a vu, dans sa membrane interdigitaire, les globules du sang disparaître quand il faisait le vide, et des bulles d'air s'élever; d'où il conclut que les globules sont des granulations d'albumine entourées d'une atmosphère particulière (*aura oxygena*). Mais, comme on a souvent exposé le cruor à l'action du vide sans que les globules disparussent, l'observation microscopique précédente, qu'on ne peut répéter d'ailleurs qu'avec de grandes difficultés, est probablement erronée. Il ne faut pas perdre de vue, en outre, qu'un gaz ne saurait être ce qui détermine les limites et la forme d'une substance solide.

7° Nous avons déjà fait remarquer précédemment (§ 666, 1°) que, suivant plusieurs observateurs, le globule du sang est composé d'un noyau et d'une enveloppe, mais que cette distinction de parties ne résulte que d'un commencement de décomposition. En examinant les granulations contenues encore dans du sang qui circulait, Kaltenbrunner n'a reconnu aucun vestige de noyau ni d'enveloppe, et toutes lui ont constamment paru être une masse homogène (4). Sous ce

(1) Schmidt, *loc. cit.*, p. 29.
(2) Hewson, *Experimental inquiries*, t. III, p. 26.
(3) *De combustionis lentæ phænomenis*, p. 8.
(4) Froriep, *Notizen*, t. XVI, p. 307.

rapport, mes observations s'accordent avec les siennes. C'est donc avec raison que Blumenbach, Hodgkin et Lister (1), Blainville (2), Raspail (3) et Wedemeyer (4) ont soutenu que les globules du sang sont des masses homogènes. Wedemeyer a remarqué, chez des Grenouilles, que le noyau plus foncé semblait souvent être déjà indiqué dans l'intérieur même des vaisseaux, mais jamais néanmoins au même degré que dans le sang extravasé et exposé à l'air depuis quelque temps (5). Il a vu aussi, dans la Salamandre, que, quand le sang commençait à s'arrêter, il se formait un noyau arrondi, de couleur foncée et entouré d'un anneau clair (6).

8° Cependant on peut admettre encore qu'il y a inégalité de densité entre les diverses couches du globule, à peu près comme dans la sphère vitelline (§ 340, 2°) ou dans le cristallin. On ne saurait douter que la densité de la surface surpasse celle de l'intérieur, puisque c'est précisément cette différence qui constitue l'essence de la délimitation; toute partie, quelque molle qu'elle soit, présente plus de cohésion à sa surface; chaque goutte d'eau y oppose plus de résistance aux corps étrangers que dans le reste de sa masse, et les vapeurs elles-mêmes prennent la forme de vésicules. Aussi, comme le disent Hodgkin et Lister (7), voit-on les globules du sang, dont le bord a été endommagé, adhérer les uns aux autres, ce que d'ordinaire ils ne font point auparavant. Mais les changemens qu'ils éprouvent d'ailleurs semblent annoncer que la substance située immédiatement au dessous de la surface est plus lâche, et que la densité va toujours en augmentant vers l'intérieur. La dessiccation fait froncer et rider la substance périphérique, qui, plongée dans l'eau, l'absorbe, s'y gonfle et s'y dissout. Schmidt (8) a vu, chez des Poissons

(1) *Ibid.*, t. XVIII, p. 241.
(2) Cours de physiolog. générale, t. I, p. 214.
(3) Syst. de chimie organique, p. 371.
(4) *Untersuchungen ueber den Kreislauf des Blutes*, p. 353.
(5) *Ibid.*, p. 346.
(6) *Ibid.*, p. 352.
(7) *Loc. cit.*, p. 245.
(8) *Loc. cit.*, p. 29.

et des Oiseaux, quand le globule s'était renflé dans l'eau, le noyau devenir mobile et roulant dans son enveloppe. Suivant Kaltenbrunner, l'enveloppe se dissout promptement, mais le noyau ne disparaît jamais, ce qui fait qu'on voit fréquemment des noyaux nus, mais jamais d'enveloppes vides. Wedemeyer a parfois trouvé, chez des Grenouilles (1) et des Salamandres (2), dans l'intérieur des vaisseaux, des globules plus petits, qui étaient peut-être des noyaux de globules arrêtés pendant leur cours et à moitié détruits par la dissolution. Cependant tous ces faits ne prouvent point encore que l'inégalité de densité existe dès le principe.

9° Comme, au contraire, on n'aperçoit primordialement aucune différence de parties (8°), il nous paraît plus vraisemblable qu'à l'état de vie le globule du sang contient des parties solides et des parties liquides réparties d'une manière uniforme, et que, quand il vient à mourir, ces parties se séparent, les solides se réunissant pour produire un noyau central, tandis que les liquides deviennent prédominans à la périphérie et entourent le noyau; n'étant plus alors attirés par les parties solides de ce dernier, ils déploient leur affinité pour les choses du dehors, absorbent de l'air et de l'eau, et s'y dissolvent quand l'un ou l'autre devient assez abondant. Cette hypothèse coïncide avec celles qu'ont proposées Wedemeyer (3) et Blainville. Ce qui la rend plus probable qu'aucune autre, c'est qu'elle nous donne une image de la coagulation du sang; car la masse est l'expression de leurs molécules, et, de cette manière, nous pouvons conclure qu'il y a dans ces dernières la même modalité de mort ou d'abandon de la vie que nous observons immédiatement dans l'autre.

b. *Etat chimique des parties du sang.*

§ 689. Nous avons vu que le sang vivant, qui existe dans l'organisme, est composé d'un liquide et d'une substance solide, insoluble dans le liquide, mais tenue en suspension par lui, à cause de sa réduction en molécules d'une grande ténuité.

(1) *Loc. cit.*, p. 340.
(2) *Ibid.*, p. 353.
(3) *Loc. cit.*, p. 352.

Il nous reste à déterminer comment les trois principaux matériaux immédiats du sang sont répartis dans ces deux substances.

I. Comme le sang se sépare, hors du corps, en un liquide, le sérum, et une substance solide, insoluble dans ce liquide, le caillot, rien n'est plus naturel que d'admettre identité, d'une part, entre le sérum du sang tiré des vaisseaux et la sérosité du sang, de l'autre, entre le caillot et les globules. Le sérum est un liquide incolore, comme la sérosité du sang, et il entoure le caillot, comme celle-ci enveloppe les globules. La rougeur du cruor annonce que le cruor a son siége dans les globules. Mais nous ne connaissons pas la fibrine à l'état liquide; elle ne nous est connue que sous forme solide, ou à l'état de coagulation : elle sera donc déjà solide dans le sang, mais extrêmement divisée et suspendue, et, comme elle fait la base du caillot, dans lequel le cruor s'amasse en raison de son affinité adhésive, le même rapport entre les deux substances aura lieu aussi dans les globules du sang. Comme les globules du sang perdent fort aisément leur matière colorante dans l'eau, celle-ci réside probablement à leur surface, et les petits globules incolores qu'on aperçoit quelquefois sont vraisemblablement les noyaux fibrineux. La coagulation consiste donc uniquement en ce que la fibrine, qui jusqu'alors était formée de globules distincts, se prend en une masse fibreuse, à laquelle le cruor adhère, de la même manière qu'auparavant il adhérait aux globules.

Cette théorie a été pour la première fois indiquée par Hewson, dans ses papiers posthumes (1); mais c'est surtout Home qui l'a soutenue (2). Home admettait que le cruor adhère par du mucus au globule formé de fibrine, et qu'il se dissout quand le mucus vient à être dissous par l'eau (3); qu'ensuite les globules se disposent à la suite les uns des autres, et qu'ils représentent ainsi la fibrine concrète. Il a même prétendu avoir observé d'une manière immédiate la séparation du globule en ses deux principes constituans.

(1) *Loc. cit.*, t. III, p. 119-137.
(2) *Lectures*, t. III, p. 4.
(3) *Ibid.*, p. 28.

Une théorie si commode fut presque généralement adoptée. Elle a surtout compté parmi ses partisans Edwards, Prevost et Dumas. Wedemeyer lui-même (1) posa en fait que l'enveloppe colorée se dissout dans vingt parties d'eau, et que le noyau incolore tombe au fond du vase. Cependant toutes ces assertions reposent plus sur des conjectures que sur des faits avérés et incontestables, comme il résulte déjà de ce qui a été dit précédemment (§ 666), au sujet de la décomposition des globules du sang.

II. Nous ne pouvons point admettre l'identité du sérum et de la sérosité du sang, du caillot et des globules, et cela par les motifs suivans :

1° La sérosité du sang est parfaitement incolore et limpide comme de l'eau dans l'intérieur des vaisseaux ; le sérum n'a jamais ces qualités, car il présente toujours une teinte jaunâtre. Les matériaux constituans paraissent donc être combinés d'une manière plus intime dans la première.

2° L'impossibilité d'une forme liquide de la fibrine n'est point prouvée. Si nous n'avons pas le pouvoir de ramener à l'état liquide, sans la décomposer, la fibrine enlevée à du sang coagulé et mort, ce n'est pas une preuve qu'elle ne puisse jamais être liquide dans l'organisme. On sait généralement que le sang coagulé repasse à l'état liquide dans le corps vivant. Lorsque Dieffenbach injectait du sang dans les veines d'animaux vivans, après l'avoir secoué pendant quelque temps, sa fibrine réduite en fibres et en flocons redevenait probablement liquide, puisque les animaux survivaient à l'opération. Le cruor offre des phénomènes analogues. Quand les globules du sang sont confondus ensemble hors du corps, on ne peut, suivant la remarque déjà faite par Hunter, leur rendre à l'aide d'aucun moyen la forme qu'ils avaient primitivement ; tandis qu'il n'est pas rare que, dans les vaisseaux de l'animal vivant, ils se détachent, sans avoir subi aucun changement, de la masse à laquelle ils avaient donné lieu par leur agglomération, lorsque le cours

(1) *Untersuchungen ueber den Kreislauf*, p. 249. — Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1828, p. 356.

du sang, jusqu'alors interrompu, vient à se rétablir (§ 690, 2°).

3° La fibrine forme, d'après Denis, 0,002 du sang, et le cruor 0,181, c'est-à-dire qu'elle est à lui dans la proportion de 1 : 72. Au contraire, suivant Home, l'enveloppe colorée serait au noyau fibrineux comme 1 : 4.

4° Les globules du sang des animaux sans vertèbres, par exemple des Mollusques et des Crustacés, se séparent également, lorsqu'ils se décomposent, en un noyau et une enveloppe (1). Mais ici cette enveloppe ne peut point être constituée par la matière colorante, puisque le sang est incolore. Hewson (2) a même trouvé, chez le Homard, que les enveloppes étaient plus considérables, proportionnellement aux noyaux, que chez les animaux vertébrés.

5° D'après les observations de Muys, Hewson, Hodgkin et Lister, les globules du sang peuvent se réunir ensemble, sans qu'il soit nécessaire pour cela, comme le prétend Home (3), que leur enveloppe se dissolve. Kaltenbrunner a remarqué que, quand ils sont rapprochés les uns des autres en grand nombre, ils s'accollent ensemble et forment un caillot, dont l'opacité ne permet pas de distinguer s'il est uniquement composé de noyaux ou non (4).

6° Il n'est pas démontré, au moins de manière à ne plus laisser place au doute, que les fibres du caillot résultent de globules placés à la suite les uns des autres (§ 676, 3°). Quand bien même la chose serait prouvée, il ne s'ensuivrait point encore que les globules qu'on aperçoit après la dissolution partielle des granulations du sang, fussent composés uniquement de fibrine, puisque les globules de la substance nerveuse, qu'on aperçoit d'une manière beaucoup plus distincte encore, sont composés uniquement d'albumine. En outre, on dit avoir vu des globules ronds dans la fibrine d'Oiseaux, de Reptiles et d'un grand nombre de Poissons, quoique les noyaux des globules du sang soient elliptiques chez ces animaux (5).

(1) Weber, *Anatomie des Menschen*, t. I, p. 150.
(2) *Loc. cit.*, t. III, p. 40.
(3) Weber, *Anatomie des Menschen*, t. I, p. 151.
(4) Froriep, *Notizen*, t. XVI, p. 307.
(5) Weber, *loc. cit.*, t. I, p. 152.

7° D'après la théorie en question, le cruor adhérent au caillot devrait se composer d'enveloppes déchirées, et c'est effectivement ce que dit Hunefeld (1), parce qu'il n'y a point trouvé de globules du sang. Mais cette dernière circonstance doit être atribuée uniquement à ce qu'avant l'examen le cruor avait été mêlé avec de l'eau. Prevost et Dumas accordent que l'on aperçoit encore un grand nombre de globules non décomposés dans le caillot frais; la vérité est qu'on ne peut découvrir aucune trace de dissolution d'un seul de ces corpuscules. Lorsque, la coagulation étant complétement achevée, dix heures et plus après la sortie du sang des vaisseaux, on exprime le cruor du caillot, on y trouve des globules tout aussi nombreux et tout aussi bien conformés qu'avant la coagulation, et l'on n'y voit aucune enveloppe vide ni aucun lambeau d'enveloppe. Ce cruor, consistant en globules complets du sang, se dissout ensuite dans l'eau, sans laisser nulle trace de fibrine coagulée. Wedemeyer (2) battit du sang frais pendant une heure, au bout de laquelle toute la fibrine était coagulée, et il ne se formait plus de caillot; mais la partie liquide du sang contenait les globules ordinaires. Quand on fait sécher rapidement une goutte de sang, et qu'ensuite on la ramollit avec de l'eau, on trouve de la fibrine coagulée et des globules qui n'ont subi aucune altération. Ainsi, dans aucune circonstance, la coagulation de la fibrine ne se montre dépendante d'une décomposition des globules du sang.

8° Le cruor, qui consiste en globules du sang non décomposés, ne se coagule pas de lui-même, comme la fibrine, et en général il se comporte tout autrement que cette dernière, sous le point de vue chimique.

9° Le sang menstruel contient une très-grande quantité de cruor, avec des globules parfaits, et cependant on n'y trouve que fort peu ou même point de fibrine.

III. La théorie dans laquelle on admet ce partage des matériaux du sang pèche donc par la base, et, si nous réfléchis-

(1) *Physiologische Chemie*, t. II, p. 48.
(2) *Untersuchungen*, p. 250.

sons que la séparation en caillot et sérum ne se rattache qu'à la mort du sang, nous trouvons très-concevable que rien d'analogue n'ait lieu dans le sang vivant. Au contraire, nous remarquons des circonstances qui prouvent et que les globules du sang contiennent une partie de la sérosité, et que la sérosité renferme une portion du caillot:

10° Le sang qui coule dans les vaisseaux est beaucoup plus riche en globules qu'en sérosité, et cependant, hors du corps, nous trouvons plus de sérum que de caillot. De là il suit que les globules contiennent en eux une partie de la sérosité, et qu'ils la laissent échapper quand ils commencent à se décomposer. Dœllinger (1) a le premier appelé l'attention sur cette circonstance, et Kaltenbrunner donne comme un fait observé, que les globules laissent transsuder du sérum lorsqu'ils contractent adhérence les uns avec les autres. Schmidt (2) présume que c'est principalement leur périphérie qui se convertit en sérum, parce que, dans les Poissons, chez lesquels le sérum se sépare avec une rapidité extrême, la partie périphérique des globules du sang se dissout aussi d'une manière presque instantanée. Ajoutons encore qu'avant la séparation en caillot et en sérum, le sang qui se coagule représente une masse homogène, gélatiniforme, dans laquelle la sérosité paraît être absorbée et enchaînée en totalité par les parties solides.

11° La sérosité du sang contient probablement de la fibrine, comme le présument aussi Gruithuisen (3), Berzelius et Denis (4); car elle commence à se coaguler dès avant que les globules se dissolvent. Les observations de Haller sur la production des caillots, qui ne peuvent point être dus à de l'albumine, mais qui consistent en fibrine, comme l'a démontré l'examen des fausses membranes, fournissent une preuve à l'appui de cette conjecture. Haller (5) a remarqué, en effet, qu'autour des vaisseaux blessés se forme un nuage de liquide

(1) *Denkschriften der Akademie zu Muenchen*, t. VII, p. 186.

(2) *Loc. cit.*, p. 39.

(3) *Beitræge zur Physiognosie*, p. 161.

(4) *Loc. cit.*, p. 118.

(5) *Opera minora*, t. I, p. 181.

pâle, qui se condense et donne souvent lieu à un petit tubercule, dans le centre duquel on aperçoit un grumeau rouge, tandis que les globules de sang extravasés ne produisent jamais de nuage semblable. Plus tard (1), il a vu distinctement que ce caillot est produit, sur une plaie artérielle, par la sérosité du sang, attendu qu'il était quelquefois traversé par quelques globules, qu'on distinguait fort aisément. Les concrétions qu'on rencontre dans les vaisseaux des cadavres, mais dont la plupart ne se forment que pendant l'agonie et peu de temps avant la cessation totale de la circulation, consistent ordinairement en fibrine pure et blanche, tandis que, dans le sang tiré de la veine, le cruor adhère tellement à cette dernière, qu'on ne parvient à l'en détacher qu'au moyen d'une énorme quantité d'eau. Si ces concrétions provenaient de globules décomposés, la matière colorante y serait probablement demeurée attachée. Il est donc plus vraisemblable que la fibrine s'est précipitée de la sérosité du sang, et que les globules non altérés du sang ont continué de cheminer.

c. *État général du sang.*

§ 690. La réplétion des vaisseaux varie non seulement suivant que la masse du sang augmente ou diminue, mais encore sans que cette masse change, et par l'effet d'états divers de l'activité vitale. Dans les mouvemens violens et les accès de colère, dans la chaleur de la fièvre et surtout dans les phlegmasies de certains organes internes, les artères paraissent plus pleines au toucher, les veines font plus de saillie, la peau est rouge, gonflée et chaude par tout le corps; or nous ne trouvons aucun fait qui prouve que la quantité du sang soit diminuée proportionnellement dans les viscères soustraits à notre observation immédiate. Au froid, sous l'influence de la crainte et de la frayeur, pendant la syncope et dans le froid de la fièvre, le contraire a lieu, et, quoique alors les organes internes, par antagonisme avec les membres et la surface cutanée, reçoivent plus de sang qu'à l'ordinaire, ils ne sont pas pour cela

(1) *Ibid.*, p. 220.

dans l'état d'exaltation d'activité vitale que nous remarquons quand l'afflux du sang augmente vers un organe quelconque : loin de là même, l'organisme entier présente des phénomènes attestant une diminution de la vitalité. Si ces vicissitudes ne dépendent ni d'un changement de masse, ni d'une inégalité de répartition, nous ne pouvons les expliquer que par un état tantôt de hausse et tantôt de baisse de la *force expansive* du sang; le sang lui-même doit ou se distendre davantage et gonfler les vaisseaux, ou se resserrer et occuper moins d'espace. C'est ce que confirme la comparaison entre l'état de vie et celui de mort. Sur le cadavre, nous trouvons les artères vides, très-peu de sang dans le cœur et les vaisseaux capillaires, les petites veines moins pleines que pendant la vie, et cependant les gros troncs veineux non distendus outre mesure : le système vasculaire paraît donc beaucoup trop spacieux pour la quantité de sang existante, et c'est même sur cette observation que Kerr (1) s'est appuyé pour nier l'entrée du sang dans les artères et la circulation. Cependant, comme il est certain que, durant la vie, le système vasculaire entier est plein de sang, ce fait prouve seulement qu'alors le sang est plus dilaté et occupe davantage d'espace qu'après la mort. Rosa lia, sur un animal vivant, une artère pleine de sang, l'excisa et la laissa refroidir ; son calibre fut alors trouvé plus petit des deux tiers, et le sang ne remplissait qu'un tiers du vaisseau rétréci (2); de sorte que le volume du sang mort serait à celui du sang vivant comme 1 : 9, si les mesures prises par Rosa étaient parfaitement exactes et certaines.

2. QUANTITÉ DU SANG DANS L'ORGANISME.

§ 691. La quantité du sang est difficile à déterminer chez un individu, et plus encore quand il s'agit de la fixer par rapports à une espèce en général, car elle varie singulièrement selon l'état de la digestion et de la respiration, de la nutrition et de la sécrétion.

(1) *Observations on the harveian doctrine of the circulation of the blood*, p. 147.

(2) *Giornale per serviro alla storia della medicina*, t. I, p. 185.

1° Chez l'homme; on ne peut arriver qu'à une estimation approximative, dont l'énoncé présente en outre de grandes différences, ainsi qu'on en jugera d'après les détails dans lesquels Haller (1) et Herbst (2) sont entrés à cet égard. Les deux extrêmes sont huit livres (suivant Allen Moulins) et cent livres (selon Keil). Sur le cadavre, les vaisseaux sont contractés pendant la rigidité, et une fois celle-ci dissipée, le sang ne tarde ni à se coaguler ni à pénétrer dans le tissu des parties solides (§ 634, 10°). Herbst (3) estime la quantité du sang de dix à quatorze livres, et prétend qu'il ne faut pas plus de vingt livres de masse pour injecter le système vasculaire entier; mais il est bien difficile de remplir complétement les vaisseaux capillaires, et peut-être même n'a-t-on jamais injecté d'une manière parfaite un cadavre avec tous ses viscères. A en juger d'après les injections partielles qui ont le mieux réussi, et dans lesquelles la masse est revenue par les veines, la totalité du système vasculaire est assurément capable d'admettre plus de vingt livres. Les hémorrhagies qui se font avec lenteur et par intervalles ne prouvent rien, parce qu'en pareil cas la formation du sang se trouve accélérée, et que nous n'avons aucun moyen de la calculer (4); mais cette même circonstance n'a guère de valeur assurément lorsqu'en peu d'heures, et sans que la mort s'ensuive, un homme perd dix livres de sang par le nez, douze par le vomissement (5), ou quand, comme dans le cas cité par Taylor, on enlève cent quarante-quatre onces de sang, indépendamment des purgatifs, pour débarrasser un malade d'une difficulté de respirer (6). Suivant Wrisberg, une femme morte de métrorrhagie, avait perdu vingt-six livres de sang, et l'on a recueilli vingt-quatre livres de ce liquide chez une autre femme pléthorique qui avait subi le supplice de la décapitation. Nous ne commettrons donc pas d'erreur en évaluant à vingt livres la masse

(1) *Elem. physiolog.*, t. II, p. 2.
(2) *Commentat. de sanguinis quantitate*, p. 53.
(3) *Loc. cit.*, p. 55.
(4) *Ibid.*, p. 56.
(5) Haller, *loc. cit.*, t. II, p. 4.
(6) Gerson, *Magazin*, t. XVI, p. 448.

totale du sang d'un homme bien portant, et admettant que cette masse est au poids du corps dans la proportion de 1 : 8.

2° Pour juger de la quantité du sang des animaux, on les fait périr d'hémorrhagie, en ouvrant simultanément plusieurs vaisseaux. Herbst coupait, dans cette vue, l'aorte, la carotide, l'artère crurale et les vaisseaux pulmonaires. Mais la vie et la circulation cessent avant que tout le sang soit écoulé, et il en reste beaucoup dans les vaisseaux capillaires. On obtiendrait un résultat plus exact en noyant les animaux dans de l'eau médiocrement échauffée, les laissant dans ce liquide, dont on entretiendrait la température au même degré, jusqu'à ce que la période de la raideur cadavérique fût passée, injectant alors du suif dans le cœur et les artères, et comparant avec la quantité de matière grasse qu'on emploierait celle du sang qui s'écoulerait des troncs veineux coupés. Pour le présent nous donnons les résultats des observations de Herbst (1) dans la table suivante, où nous considérons la quantité du sang comme unité à laquelle nous rapportons les proportions diverses du poids du corps. Afin de rendre cet aperçu plus complet, nous y ajoutons d'autres évaluations relatives à quelques animaux sur lesquels Herbst n'a point fait d'observations.

1 : 6			Limaçon (2).
1 : 12	Bœuf (3).		
1 : 13			Ecrevisse (4).
1 : 14		Triton (5).	
1 : 16	Chien (6).	Grenouille.	
1 : 18	Cheval (7)	Pigeon.	
1 : 20	Lièvre	Moineau.	

(1) *Loc. cit.*, p. 46-51.

(2) Dans le Limaçon des vignes, comme 1 : 5,67 et 1 : 6,11, selon Erman (*Abhandlungen der Akademie zu Berlin*, 1816-1817, p. 203), comme 1 : 9,60 d'après Carus (*Von den æussern Lebensbedingungen*, p. 85).

(3) 1 : 10,86, d'après Hales.

(4) Suivant Carus (*loc. cit.*).

(5) D'après Blumenbach (*Kleine Schriften*, p. 68).

(6) 1 : 12 — 1 : 21, d'après Herbst; 1 : 9,60, selon Allen Moulins.

(7) D'après Hales.

	Chèvre.		
	Veau (1).		
	Agneau (2).		
1 : 21	Renard.		
1 : 22	Chat.	Serin.	
	Brebis (3).		
1 : 22,5	Souris.		
1 : 23	Ane (4).		
1 : 24	Lapin (5).		
1 : 25		Coq.	
1 : 27			Vipère (6).
1 : 29		Canard (7).	
1 : 32		Poule.	

3° Si nous admettons ces données comme de simples approximations, et que nous les supposions exactes dans leur proportion réciproque, elles nous donnent d'abord des résultats négatifs. En effet, elles ne confirment pas ce que d'autres circonstances ont porté à admettre, savoir, que les jeunes animaux possèdent plus de sang que les vieux, les animaux sauvages plus que ceux qui sont privés, les petits plus que les gros, ceux à sang chaud plus que ceux à sang froid (8); car, d'après la table précédente, le Bœuf avait plus de sang que le Veau, le Chien que le Renard, le Cheval que l'Ane, le Limaçon et aussi la Moule, d'après Erman, que les Mammifères et les Oiseaux. Il est clair également que la quantité de la masse du sang n'est point en rapport exact avec la perfection de l'organisation, et qu'on se trompe en attribuant d'une manière absolue moins de cette liqueur aux animaux inférieurs qu'aux animaux supérieurs. Ce qu'il paraît y avoir de certain, c'est que la quantité du sang est plus considérable

(1) 1 : 22, suivant Rosa.
(2) 1 : 20, selon Allen Moulins; 1 : 22, suivant Rosa.
(3) 1 : 22, d'après Allen Moulins; 1 : 23, selon Rosa.
(4) D'après Rosa.
(5) 1 : 29, selon Allen Moulins.
(6) D'après Haller (*Elem. physiol.*, t. II, p. 6).
(7) D'après Allen Moulins.
(8) Haller, *Element. physiolog.*, t. II, p. 6.

chez les animaux qui ont la substance du corps molle et imprégnée de sucs, moins grande, au contraire, chez ceux d'une constitution sèche, et que la différence est en harmonie avec le mode divers d'influence qu'exerce le monde extérieur. L'eau nourrit, l'air consomme ; les animaux aquatiques ont plus de sang que les animaux aériens. Nous trouvons cet antagonisme entre les Mollusques, qui regorgent de sucs, et les Insectes, chez lesquels les courans de sang se dessèchent pendant que l'air se répand dans tout leur corps. Nous en voyons un semblable, parmi les Vertébrés, entre les Mammifères amphibies et les Oiseaux ; les premiers, conformément à leur élément humide, ont une énorme quantité de sang, même dans le tissu adipeux, et en quelque point du corps qu'on fasse une entaille, il s'écoule comme d'une poche ; au contraire, le corps plein d'air des Oiseaux est pauvre de sang et sec. Les bêtes à cornes qui vivent d'herbes juteuses et consomment beaucoup d'eau, sont plus pléthoriques que le Rongeur qui vit d'alimens secs et a moins besoin d'eau. La grande quantité de sang que nous trouvons chez l'homme se rapporte peut-être aussi à son mode normal de vie et à la flexibilité de sa complexion, ce que semblerait indiquer la proportion de ce liquide chez les femmes (§ 166, 179) ; mais il se pourrait également qu'elle tînt au plus haut développement de sa vie animale.

APPENDICE (1).

Des globules du sang, de l'état de la fibrine dans ce liquide, et de l'action du galvanisme sur lui.

I. Des globules du sang.

Les assertions des auteurs diffèrent tant les unes des autres, en ce qui concerne la forme des globules du sang, qu'il m'a paru indispensable de soumettre cet objet à un nouvel examen. J'ai employé pour cela différens instrumens d'optique, et en particulier un précieux microscope de Frauenhofer.

Lorsqu'on veut étudier les globules du sang, il ne faut pas les étendre d'eau, car alors on les verrait tout autrement qu'ils ne sont dans le corps vivant; l'eau change leur forme à l'instant même; les globules elliptiques y deviennent ronds, et tous y perdent une partie de leur aplatissement. Il faut donc faire les observations sur une goutte de sang très-peu épaisse, et pure ou tout au plus étendue de sérum. Par exemple, pour examiner les globules de la Grenouille, j'emploie une goutte de sérum du sang déjà coagulé, et j'y ajoute une petite quantité d'une goutte de sang frais. L'eau tenant en dissolution du sel de cuisine ou du sucre, peut également servir, car ces dissolutions n'altèrent en rien les globules. C'est à l'usage d'étendre le sang avec de l'eau et à l'emploi de mauvais instrumens qu'il faut attribuer les dissidences relatives à la forme des globules.

J'ai trouvé que, chez l'homme, les globules ont pour la plupart le même volume. Quelques uns sont un peu plus gros que les autres, mais aucun ne les dépasse du double. La même chose a lieu aussi dans la Grenouille. Cependant on en aperçoit aussi quelques uns qui, ayant d'ailleurs la même configuration, sont un peu plus petits, et semblent être pour ainsi dire en train de se former. Les globules de l'embryon du Lapin m'ont paru être ceux qui présentent le plus d'iné-

(1) Cet Appendice est tout entier de Jean Muller.

galité ; on en voit qui ne sont pas moitié aussi gros que les autres, tandis que la majorité égalent en volume ceux de l'animal adulte. Les globules des têtards de Grenouille sont plus petits que ceux de l'animal parfait.

La forme des globules varie beaucoup chez les divers animaux. Cependant, circulaires ou elliptiques, ils sont toujours plats. Ils représentent des disques arrondis chez l'homme et les Mammifères. (Quelle peut être leur forme dans l'Ornithorhynque ?) A l'instar d'autres observateurs, je les trouve elliptiques dans les Oiseaux (Pigeon et Poule), les Reptiles (Grenouille et Salamandre) et les Poissons, où parfois cependant, comme dans la Carpe, ils se rapprochent un peu de la forme arrondie, sans être complétement ronds. Rudolphi dit que ceux des Poissons sont ronds, comme je les avais vus autrefois dans l'Alose, lorsque je ne savais pas encore bien observer. C'est une erreur qu'il faut attribuer à l'action de l'eau; car j'ai constaté que l'addition de ce liquide faisait constamment passer les globules elliptiques des Poissons, des Reptiles et des Oiseaux à la forme ronde. Depuis, tous les Poissons que j'ai examinés, même l'Alose, m'ont offert des globules elliptiques. Ceux des Reptiles, des Oiseaux et de la plupart des Poissons sont en général deux fois aussi longs que larges. J'ai reconnu l'aplatissement, non seulement dans les globules elliptiques des Poissons, des Oiseaux et des Reptiles, mais encore, de la manière la plus positive, dans les globules circulaires du Veau et de l'homme ; mais il faut pour cela de bons instrumens d'optique. On peut s'en convaincre en agitant sous le microscope une goutte de sang étendue de sérum, d'eau salée ou d'eau sucrée, de manière que beaucoup de ces petits corps se placent sur la tranche en coulant. Les globules sont plus plats, eu égard aux autres diamètres, chez les Reptiles que chez les Poissons ; la Salamandre est l'animal dans lequel je les ai trouvés le plus aplatis : ils le sont beaucoup aussi dans la Grenouille, où ils ont huit à dix fois moins d'épaisseur que de longueur. Ils sont fort plats aussi dans le Lézard, où leur volume le cède un peu à celui des globules de la Grenouille. Ceux de la Salamandre, quand ils sont placés perpendiculairement sur le côté, ne montrent pas de

saillie qui s'élève du milieu de leurs deux faces latérales, mais sont aplatis d'une manière uniforme ; quant à ceux de la Grenouille, ils présentent quelquefois, sur leurs deux faces, une élévation médiane, qui n'est pas toujours bien sensible, et qui les fait ressembler à la figure qu'en ont donnée Prevost et Dumas.

Quoique, comme je le ferai voir plus tard, les globules du sang aient un noyau intérieur, ce noyau ne fait cependant un peu de saillie à l'extérieur que chez les Grenouilles ; il paraît ne point être saillant chez tous les autres animaux.

Les globules elliptiques des Oiseaux ne sont pas aussi plats que ceux des Reptiles ; mais ils présentent néanmoins un aplatissement sensible. Je n'ai pu me convaincre de l'aplatissement de ceux des Mammifères et de l'homme que depuis qu'il m'a été permis d'employer le microscope de Frauenhofer, depuis aussi que je sais qu'on ne doit point étendre le sang avec de l'eau. Il est uniforme chez l'homme et les Mammifères, dont les globules n'offrent jamais d'élévation sur le milieu de leurs faces. Lorsqu'on les aperçoit placés de côté, ils ressemblent à un petit trait obscur et de même largeur partout, qui n'est point arrondi aux deux bouts, et qui cesse d'une manière presque brusque, comme ferait une pièce de monnaie vue sous le même aspect. Cependant la comparaison avec une médaille, qu'on a si souvent employée, est inexacte en ce sens que la largeur surpasse de beaucoup celle d'une pièce de monnaie ; chez l'homme, les globules sont seulement quatre fois plus minces que larges.

Les globules des Reptiles nus sont les plus gros que je connaisse. Ceux des Oiseaux et de quelques Poissons s'en rapprochent sous le rapport du volume. Ceux de l'homme et des Mammifères sont les plus petits ; j'ai trouvé ceux du Veau un peu plus petits que ceux de l'homme. Prevost et Dumas disent que ceux de la Chèvre sont les plus petits de tous ; je partage leur opinion à cet égard, car je n'ai pu soumettre les globules de cet animal à un examen rigoureux. Chez l'homme, le diamètre de leur surface plane est de 0,00023—0,00035 pouce. Ceux des Oiseaux, examinés comparativement avec ceux des Grenouilles, sont de moitié environ plus petits que

ces derniers ; ceux de la Salamandre surpassent un peu ceux de la Grenouille, mais non d'un tiers, et ils sont un peu plus allongés. Ceux des Poissons sont plus petits : ainsi, dans la Carpe, par exemple, ils sont un tiers, et dans l'Alose, moitié plus petits que dans la Grenouille. Comparés à ceux de l'homme, les globules de la Grenouille sont quatre fois environ plus gros, le diamètre transversal des premiers étant mis en rapport avec le diamètre longitudinal des seconds.

Au milieu des globules circulaires et des globules elliptiques, on aperçoit une tache, ronde dans les premiers, elliptique dans les autres, qui paraît claire du côté éclairé, et obscure du côté de l'ombre. Quelquefois, par exemple, chez les Oiseaux, les Reptiles et les Poissons, cette tache ressemble à un noyau intérieur, surtout lorsque la lumière est vive et qu'il n'y a plus d'ombre ; parfois aussi, ce qui a lieu quand la lumière est moins forte, elle paraît comme une élévation, phénomène qu'on observe surtout chez les Grenouilles, mais dont on ne trouve aucune trace dans les Oiseaux et les Poissons. On croit apercevoir plus distinctement une élévation elliptique, chez les Grenouilles, lorsque les globules sont contenus dans une petite quantité de sérum, et alors il semble aussi qu'on remarque un enfoncement entre le bord renflé et la saillie elliptique. Je dis seulement ce qu'on croit voir dans diverses circonstances, et non ce que je pense avoir lieu réellement. Mais comme les globules des Oiseaux, des Poissons et des Salamandres, placés de côté, ne montrent pas d'élévation médiane sur leurs faces latérales, leur tache médiane ne peut point être une saillie, et elle dépend du noyau du globule, dont on parvient aussi à démontrer l'existence d'une autre manière. En outre, comme les globules de la Grenouille, placés de champ, présentent quelquefois une élévation plane sur leurs faces latérales, il faut que le noyau fasse également ici une saillie, peu considérable à la vérité. Les globules circulaires de l'homme et des Mammifères, observés à l'aide d'un bon instrument, ne montrent aucun vestige de saillie latérale quand ils sont posés sur leur tranche, et jamais non plus la tache, quand on la regarde du côté d'une des faces, ne présente l'aspect d'une élévation. En concluant de ce qu'ils

voyaient chez un animal à ce qu'ils supposaient chez d'autres, les écrivains ont fait naître une grande confusion sous ce rapport. Les globules du sang de l'homme et des Mammifères, contemplés avec un bon instrument, semblent toujours un peu excavés du bord vers le centre. L'opticien Young est tenté de regarder la tache comme un véritable creux : je ne dis pas que la chose soit, mais elle paraît être ainsi. Lorsque les disques sont obliques, de manière qu'on aperçoive un peu d'une des faces et un peu du bord supérieur, celui-ci forme un demi-cercle obscur, convexe d'un côté et concave de l'autre. Comme il résulte indubitablement de mes observations, qui vont être rapportées tout à l'heure, que les globules des Grenouilles et des Salamandres contiennent un noyau, qui se comporte chimiquement d'une autre manière que l'écorce, comme en outre, dans les globules des Poissons et des Oiseaux, ce noyau paraît au microscope sous le même aspect absolument que chez les Reptiles, il est très-probable que les globules de l'homme et des Mammifères renferment aussi un noyau, ce dont leur petitesse ne permet pas de donner la démonstration directe. Mais, en tout cas, ce noyau ne produit point ici de saillie.

Le sang des Grenouilles, tel qu'on l'obtient pur du cœur lui-même, m'a encore offert des corpuscules d'une autre espèce, qui sont beaucoup plus petits, et qui ne s'y trouvent qu'en très-petite quantité. Ces corpuscules sont ronds, non aplatis, et à peu près quatre fois plus petits que les globules elliptiques. Ils ressemblent parfaitement aux granulations peu nombreuses de la lymphe coagulable des Grenouilles, telle qu'on la rencontre sous la peau, et sont évidemment des globules lymphatiques appartenant à la lymphe qui s'est mêlée avec le sang. Peut-être les noyaux des globules sanguins proviennent-ils des globules de la lymphe et du chyle. A la vérité, les noyaux des globules sanguins de la Grenouille, dépouillés de leur enveloppe par l'acide acétique, sont à peu près aussi gros que les petites granulations éparses dans le sang et que celles de la lymphe; mais les dernières sont rondes les unes et les autres, tandis que les noyaux mis à nu des globules sanguins ont une forme elliptique, et de plus, dans la Salamandre, sont manifestement aplatis.

Tant que les globules du sang sont contenus dans la sérosité, leur matière colorante ne se dissout pas ; mais la dissolution de cette dernière a lieu dès que de l'eau entre en contact avec eux. Je n'ai rien observé qui confirmât ce que Home dit de la facilité avec laquelle les globules du sang se décomposeraient. Quand le sang des Mammifères a été fouetté, les globules conservent leur forme, et si on les examine, plusieurs heures après, ou même le lendemain, les meilleurs instrumens ne font apercevoir aucun changement ni dans leur forme, ni dans leur volume. Au bout même de vingt-quatre heures, il ne s'en est rien dissous dans le sérum, et le sérum qui a formé pendant vingt-quatre heures une couche épaisse d'une ligne à une ligne et demie au dessus des globules tenus en suspension, est jaune et incolore. Le sang fouetté et débarrassé des caillots fibrineux blancs, ressemble parfaitement au sang naturel ; les globules y nagent, et ils ne se précipitent point, sans que plusieurs jours d'exposition à une température de quinze degrés du thermomètre centigrade puissent les déterminer à gagner le fond du vase. Les globules rouges ne s'abaissent, en plusieurs jours, que de deux lignes et demie tout au plus au dessous du niveau de la liqueur, et au bout de ce laps de temps, le sérum, qui était d'abord sans couleur, n'en a acquis qu'une très-légère ; mais si l'on verse de l'eau dans du sang fouetté de Mammifères, ce liquide dissout une partie de la matière colorante, et la plupart des globules se précipitent. Chez la Grenouille, au contraire, les globules gagnent le fond dans la sérosité même du sang, qui reste incolore au dessus de l'eau, et ils se conservent ainsi pendant plusieurs jours, sans que le moindre changement s'opère dans leurs formes ou leurs dimensions. Pour obtenir du sang de Grenouille un sérum mêlé de globules, j'enlève le caillot, à mesure qu'il se forme, jusqu'à ce qu'il ne s'en produise plus, et je secoue ce caillot dans le liquide restant, afin que les globules qui y adhèrent se détachent. De cette manière, on se procure, après avoir retiré le caillot, du sérum contenant une grande quantité de globules, tandis qu'une autre partie de ceux-ci demeure emprisonnée dans le caillot. En cet état, les globules sanguins contenus dans le

sérum peuvent servir à diverses expériences, après quoi on examine au microscope quels changemens ils ont subis, tandis que le sang frais ne saurait être employé, en raison du caillot qui s'y produit, à certains essais dont le but est de faire connaître la manière dont les globules se comportent avec tels ou tels réactifs. C'est toujours ainsi qu'a été préparé le sang de Grenouille mis en usage dans les expériences qui vont être rapportées. Les globules contenus dans le sérum du sang de Grenouille peuvent être conservés pendant plusieurs jours sans qu'ils subissent de changement; le sérum demeure clair, et ne s'empare d'aucune parcelle de matière colorante.

Je viens de dire que les globules du sang de la Grenouille tombent au fond, dans le sérum, tandis que, chez l'homme et les Mammifères, ils ne s'abaissent que de quelques lignes au dessous du niveau du sang dépouillé de sa fibrine, mais demeurent d'ailleurs en suspension. Ce phénomène doit tenir à ce que la pesanteur spécifique des globules est plus grande, comparativement à celle du sérum, chez les Grenouilles que chez les Mammifères. Dans le sang inflammatoire de l'homme, où il n'y a que la partie inférieure du caillot qui soit rouge, et où la couche supérieure est formée de fibrine d'un jaune blanchâtre, constituant ce qu'on appelle la couenne (*crusta inflammatoria*), il faut ou que la pesanteur spécifique des globules ait augmenté, ou que celle du sérum ait diminué. Si l'un ou l'autre de ces cas a lieu, ce qui ne peut être décidé que par des expériences, le phénomène de la couenne inflammatoire s'expliquerait fort bien. En effet, comme le sang phlegmasique se coagule souvent d'une manière sensiblement plus tardive que celui des sujets bien portans, les globules rouges ont le temps de s'abaisser au dessous du niveau avant que la fibrine incolore dissoute dans le sang se soit coagulée, de sorte qu'alors la partie supérieure du caillot doit devenir blanche. Mais je prouverai plus tard qu'il y a réellement de la fibrine dissoute dans le sang.

Lorsqu'après avoir préparé comme je viens de le dire un mélange de globules et de sérum de Grenouille exempt de caillots fibrineux, on y verse de l'eau, et qu'ensuite on agite le tout, la matière colorante des globules se dissout peu à peu

dans l'eau, et il finit par rester au fond du verre de montre un sédiment blanc, composé de globules ronds, quatre fois plus petits que ceux du sang ; ce dépôt n'est point soluble dans l'eau. Il est bon d'ajouter beaucoup d'eau pour faciliter la dissolution de la matière colorante. On emplit un verre de montre de la liqueur ainsi étendue, on attend quelque temps, jusqu'à ce que les globules aient gagné le fond, et l'on plonge le verre dans un autre plus grand, également plein d'eau, en agissant avec assez de précaution pour ne point remuer le dépôt. On laisse l'appareil en repos pendant douze à vingt-quatre heures, au bout desquelles le précipité est devenu blanc, de rouge qu'il était. Si alors on l'examine au microscope, on n'y découvre plus aucun globule elliptique, mais une multitude de corpuscules quatre fois plus petits, la plupart arrondis, et dont il n'y a que fort peu qui soient ovalaires. En observant le dépôt à plusieurs reprises pendant le cours de douze à vingt-quatre heures, on peut se convaincre que la matière colorante, à mesure qu'elle se dissout dans l'eau et la colore, abandonne les globules elliptiques, de sorte que ceux-ci deviennent de plus en plus petits, jusqu'au moment où il ne reste plus d'eux que des noyaux incolores et insolubles dans l'eau. On peut alors soumettre ce dépôt blanc à d'ultérieures recherches. Abandonné à lui-même dans l'eau, il ne se dissout point, mais finit par former au fond du vase une masse mucilagineuse, composée encore des mêmes petits globules. Les alcalis le dissolvent. L'acide acétique ne l'altère point, même après être demeuré long-temps en contact avec lui. Soumis à l'action de la pile galvanique, il se comporte comme une dissolution de jaune d'œuf, ainsi que je le dirai plus loin.

Berzelius a fait remarquer, contradictoirement aux assertions de Prevost et Dumas, que la matière colorante des globules du sang se dissout dans l'eau en totalité et en toutes proportions, et qu'elle ne se borne pas à se réduire en petits fragmens qui restent suspendus dans le liquide. On peut s'en convaincre non seulement sur le sang de l'homme et des Mammifères, mais encore, et bien plus sûrement, sur les globules de la Grenouille. La petitesse extraordinaire des noyaux des globules de l'homme et des Mammifères ne permet pas de

voir ce qu'ils deviennent quand on mêle les globules avec de l'eau, et l'analogie seule avec le sang des Grenouilles porte à admettre, comme conjecture vraisemblable, que ces noyaux insolubles dans l'eau y restent en suspension, lorsque, après avoir battu le sang des Mammifères, et en avoir retiré tout le caillot, on l'étend d'une assez grande quantité d'eau pour dissoudre la totalité de la matière colorante des globules. Pendant la coagulation du sang non battu des Mammifères, les noyaux des globules demeurent unis avec le caillot rouge ; mais on se demande cependant si, quand on enlève la matière colorante du caillot par le lavage, ils ne se dissolvent pas, pour la plus grande partie, en même temps qu'elle.

Berzelius paraît attribuer l'insolubilité de la matière colorante dans le sérum à l'albumine qu'il contient, et fait remarquer que, quand l'eau dont on s'est servi pour laver le caillot dépose de la matière colorante, celle-ci provient de sérum demeuré adhérent. Je partage entièrement l'opinion que la matière colorante des globules est soluble dans l'eau en toutes proportions ; mais je crois que la non-solubilité de cette matière dans le sérum dépend moins de l'albumine que des sels tenus en dissolution par ce dernier. En effet, lorsque, après avoir mis une gouttelette de sang de Grenouille sur le porte-objet du microscope, j'y ajoutais quelques gouttes d'une dissolution aqueuse de jaune d'œuf, je voyais les globules changer de forme et s'arrondir avec presque autant de promptitude que quand j'employais de l'eau pure ; mais, quand je mêlais avec une goutte de ce même sang des gouttes de dissolution d'un sel que le sang ne décompose point, par exemple de sous-carbonate de potasse ou de chlorure de sodium, la forme et le volume des globules ne changeaient pas le moins du monde. L'eau sucrée agit aussi à la manière de l'eau salée. La nature des globules du sang est singulièrement éclaircie par la manière dont ils se comportent envers différens réactifs, ce qu'on n'observe bien nettement, avec le microscope composé, que sur les globules volumineux de la Grenouille et de la Salamandre. On peut prendre pour cela des gouttes de sang de Grenouille frais ; mais, comme il s'y forme un caillot, le mieux est d'employer un simple mélange de sé-

rum et de globules préparé ainsi qu'il a été dit précédemment.

On étale une gouttelette de ce mélange sur le porte-objet, et à côté d'elle on en met une du réactif qu'on veut employer. Pendant qu'on observe, on unit les deux gouttes ensemble, et l'on examine quels sont les changemens que les globules éprouvent. Ou bien on contemple d'abord les globules seuls, on ajoute ensuite le réactif, et on observe de nouveau. Cette méthode est celle que j'ai toujours employée dans mes expériences.

Un phénomène fort remarquable est le changement instantané que l'eau pure fait subir aux globules. Ceux de l'homme deviennent indiscernables, et leur petitesse ne permet plus de rien apercevoir; cependant je crois avoir reconnu qu'ils perdent de leur aplatissement. En effet, il m'a été impossible, parmi les corpuscules qui passaient sous le champ du microscope, d'en distinguer aucun qui laissât voir un bord tranchant en changeant de situation. Mais tout se voit très-bien dans le sang de Grenouille. Dès qu'une goutte d'eau entre en contact avec une goutte de sang, à l'instant même les globules, d'elliptiques et plats qu'ils étaient, deviennent ronds et perdent leur aplatissement, de sorte qu'il n'y en a plus un seul qui présente de tranche en roulant sur lui même. Je ne sais pas s'ils se gonflent alors; ils deviennent plus petits que ne l'était le grand diamètre de l'ellipse, mais plus grands que son petit diamètre. Beaucoup d'entre eux paraissent inégaux, bosselés et tortus; la plupart sont arrondis, mais irrégulièrement. Le noyau d'un grand nombre change de place par le contact de l'eau; on ne le voit plus au centre, mais sur le côté; dans d'autres, on ne le distingue plus du tout, mais ceux-là sont en petit nombre, et ils paraissent avoir perdu leur noyau par suite du changement violent que l'eau leur a fait éprouver; car on aperçoit dans le champ du microscope, outre des globules sans noyaux, des noyaux elliptiques sans enveloppe, mais peu nombreux. Ces noyaux chassés des globules diffèrent des petites granulations du sang de Grenouille dont j'ai parlé plus haut, par leur forme elliptique. Peu à peu, quand on ajoute encore de l'eau, les globules

devenus ronds, et dont la plupart ont conservé leur noyau, changent de volume. Ils se rapetissent sous les yeux de l'observateur, et au bout de quelque temps, il n'en reste plus que les noyaux, qui ne se dissolvent point dans l'eau. J'ai déjà fait remarquer que l'eau tenant en dissolution du sous-carbonate de potasse, du chlorure de sodium ou de sucre, ne détermine pas le moindre changement dans la forme non plus que dans le volume des globules. Si l'on met les globules du sang de Grenouille en contact avec de l'acide acétique étendu ou concentré, sous le microscope, ils se déforment sur-le-champ, deviennent en partie ronds, et leur enveloppe de matière colorante se dissout dans l'espace de quelques minutes, en sorte qu'il ne reste plus que les noyaux elliptiques. Ces résidus ne sont pas des globules contractés, mais bien réellement les noyaux non altérés, qu'on apercevait déjà auparavant, et autour desquels l'enveloppe de matière colorante s'amincit d'une manière visible, jusqu'à ce qu'elle soit totalement dissoute. Ces noyaux correspondent aux contours du globule entier. Dans la Grenouille, ils paraissent ne point être plats, du moins d'une manière notable; dans la Salamandre, au contraire, j'ai vu les noyaux qui restaient après le traitement par l'acide acétique aussi plats que les globules eux-mêmes. Dans la Grenouille, ils sont à peu près une fois aussi longs que larges, quoiqu'on en trouve aussi quelques uns qui se rapprochent davantage de la forme ronde; dans la Salamandre, ils sont oblongs et ont des côtés presque parallèles, mais leurs deux extrémités sont arrondies.

Si l'on verse une certaine quantité d'acide acétique dans un mélange de sérum et de globules de Grenouille, et qu'on agite le tout, les globules subissent le même changement; mais on voit aussi que les noyaux qui se déposent forment une poudre d'un brun clair; cette poudre ne se dissout point en plusieurs jours, et le microscope constate qu'elle est encore composée des mêmes noyaux non altérés de globules. D'ailleurs la fibrine et l'albumine ne brunissent point dans l'acide acétique; elles y deviennent translucides, et peu à peu se dissolvent en partie. Cependant la couleur brune de la poudre paraît provenir d'une petite quantité de matière colorante qui

y adhère encore et qui peut-être a subi quelque changement dans sa composition chimique ; car les noyaux des globules qu'on obtient en plus grande quantité par le traitement de ces mêmes globules au moyen de l'eau, sont blancs, et demeurent tels quand on verse dessus de l'acide acétique. L'acide dont je me suis servi était pur, d'après l'indication des réactifs, et un peu plus concentré que celui de la pharmacopée prussienne (*).

L'acide hydrochlorique dissout très-rapidement les globules du sang, sous le microscope : il n'en reste que les noyaux.

Dans le chlore gazeux, les globules de la Grenouille deviennent d'abord bruns, puis blancs; l'albumine du sérum se coagule en même temps. Examinés ensuite au microscope, les globules paraissent un peu rapetissés, mais seulement par resserrement sur eux-mêmes.

Le chlorure d'antimoine liquide et la solution de deutochlorure de mercure ne dissolvent ni l'enveloppe ni le noyau des globules; ils ne font que resserrer et déformer ces derniers.

La teinture de noix de galle agit de la même manière.

Une dissolution étendue de chlorure de fer ne produit aucun changement dans les globules.

La dissolution de potasse caustique ne change pas la forme de ces corpuscules, mais les rapetisse dans toutes leurs dimensions, de manière que non-seulement l'enveloppe, mais encore le noyau se dissolvent très-rapidement, sans laisser aucune trace.

L'ammoniaque liquide les dissout plus promptement encore, et les arrondit dès le moment du contact. Les noyaux eux-mêmes se dissolvent, sans qu'il en reste de vestiges.

L'alcool ne change point les globules : il les resserre seulement un peu, et les soustrait à l'observation, à cause des globules d'albumine qui se produisent dans le sérum, et qui obscurcissent le champ du microscope.

La strychnine et la morphine n'exercent aucune action sur les globules.

(*) La pharmacopée prussienne assigne à cet acide une pesanteur spécifique de 1,050 — 1,060.

Les globules ont la même forme et le même volume dans le sang artériel et dans le sang veineux. Ce fait est en contradiction avec les assertions d'un observateur d'ailleurs fort exact, Kaltenbrunner, qui prétend que les corpuscules du sang se renflent un peu dans les vaisseaux capillaires, et que leurs bords deviennent un peu déchiquetés. J'ai trouvé aussi que la forme des globules n'avait subi absolument aucune altération lorsque j'avais lié, puis excisé les poumons de Grenouilles, qui continuaient cependant encore de vivre jusqu'à trente heures, probablement par la respiration cutanée, comme les Poissons dans les expériences de Humboldt et Provençal. Il m'a paru d'un grand intérêt d'examiner quelle pourrait être l'action du gaz oxygène et du gaz acide carbonique sur ces corpuscules. Comme l'eau altère sur-le-champ leur forme, je fus obligé d'employer le mercure pour clore l'appareil.

Je me servis d'un tube de verre long de cinq pouces et demi, sur quatre lignes et demie de large, dont l'extrémité ouverte pouvait être commodément et parfaitement fermée à l'aide du doigt; je remplis ce tube de mercure, de manière à n'y laisser qu'un petit vide de quelques lignes de hauteur; je versai dans ce vide du sang de Grenouille, qui par conséquent surnageait le métal; alors je bouchai le tube avec le doigt, et je le retournai, pour faire monter le sang à la partie supérieure, puis je dirigeai dans son intérieur un tube amenant du gaz oxygène, que j'y laissai pénétrer jusqu'à ce que la plus grande partie du métal eût été expulsée. Je replaçai le doigt sur l'orifice du tube, et je secouai avec circonspection le contenu (sang, gaz et un peu de mercure), après quoi je replaçai le tout sur le bain métallique.

J'opérai de la même manière avec du gaz acide carbonique.

L'oxygène fit prendre une teinte vermeille au sang de Grenouille; l'acide carbonique lui en communiqua une évidemment plus foncée, d'un violet sale, presque noirâtre. Le sang se coagula beaucoup plus tard dans l'acide carbonique que dans l'oxygène, ce qui néanmoins était peut-être accidentel, et doit faire désirer qu'on répète l'expérience, d'ailleurs aussi facile que sûre. Le sang demeura en contact avec le gaz

pendant trois quarts d'heure. Je mis alors auprès les uns des autres, sur le porte-objet du microscope, des globules puisés dans les deux sangs, celui qui était en partie coagulé et celui qui conservait en partie sa liquidité, puis je les comparai ensemble; mais je ne pus apercevoir la moindre différence entre eux; leur forme et leur volume ne différaient pas non plus de ce qu'ils étaient dans les globules provenant du sang d'une autre Grenouille.

II. De l'état de la fibrine dans le sang.

D'après la théorie généralement admise pour expliquer la coagulation du sang, le caillot rouge est produit par l'agrégation des globules, et ceux-ci eux-mêmes sont des sphères fibrineuses, entourées d'une enveloppe de matière colorante, dont le lavage peut dépouiller le caillot, qui reste ensuite sous la forme d'une masse blanche. C'est cette théorie, défendue principalement par Home, Prevost et Dumas, que Dutrochet a supposée vraie dans ses recherches sur la manière dont le sang se comporte avec la pile galvanique. Cependant Berzelius, s'appuyant sur ce que la lymphe tient de la fibrine en dissolution, présumait qu'il doit y en avoir également dans le sang, d'une sorte de filtration de laquelle paraît dépendre la production de la lymphe. On pourrait ajouter, comme argument plus concluant encore, que la lymphe elle-même s'introduit dans le sang. Aussi Berzelius émit-il, à titre de conjecture, l'opinion que la coagulation dépend du passage à l'état solide de la fibrine dissoute dans le sang, dont les globules se trouvent alors emprisonnés par elle. J'ai été assez heureux pour élever cette conjecture au rang de vérité démontrée : je puis prouver que le caillot rouge n'est qu'un mélange de fibrine préalablement tenue en dissolution dans le sang et de globules. Qu'il me soit permis néanmoins, avant d'exposer les faits qui m'ont conduit à cette découverte, de rapporter les essais à l'aide desquels j'avais auparavant cherché à résoudre le problème.

Comme les globules du sang de l'homme passent à travers le filtre, il s'agissait d'employer un appareil ayant des pores assez petits pour retenir les globules, tout en laissant passer

le liquide. Cet appareil était une membrane animale soumise à l'action d'une forte pression de la part de l'air. Je tendis une vessie humide sur un large tube de verre susceptible d'être vissé hermétiquement au récipient de la machine pneumatique, de manière que son extrémité entourée par la vessie fît saillie dans le vide, tandis que le sang introduit dans le tube était exposé à la pression de l'atmosphère. Si le sérum contenait de la fibrine dissoute, et que l'action rapide du piston le fît passer dans le vide à travers la vessie, avant la coagulation du sang, il devait se former un caillot incolore dans la portion qui aurait traversé cette membrane. Afin de trouver une vessie assez mince pour cette expérience, qui devait durer très-peu de temps, je fis plusieurs essais sur une liqueur contenant des globules, sur du lait. Les vessies trop minces crevaient sur-le-champ; les vessies trop épaisses ne laissaient point passer assez rapidement le liquide. Lorsque je crus avoir trouvé le point juste, j'expérimentai sur le sang d'un Lapin à qui j'avais coupé les vaisseaux du cou, de manière que le sang en masse tombât sur-le-champ dans le tube, et immédiatement après je mis la pompe en jeu. En quatre minutes une forte goutte de sérum traversa la vessie. Ce sérum avait très-légèrement teint en rouge, mais translucide; il ne se coagula pas. En l'examinant au microscope, je reconnus qu'il était passé aussi quelques globules, mais peu nombreux. On aurait tort de conclure de cette expérience que le sérum ne tient pas de fibrine en dissolution; car sa durée (quatre minutes jusqu'au passage du sérum) était beaucoup trop longue, puisque deux minutes suffisent au sang de Lapin sorti des vaisseaux pour se coaguler. Pour la rendre concluante, il aurait fallu employer du sang qui se coagulât moins rapidement, il aurait fallu retarder la coagulation de ce liquide par l'addition du sous-carbonate de potasse. Mais je suis parvenu à trouver un moyen bien meilleur pour arriver à la solution du problème.

J'ai remarqué d'abord que quand on reçoit du sang de Grenouille dans un verre de montre, un caillot incolore et limpide comme de l'eau se produit avant la formation du caillot général, et qu'on peut le retirer en le soulevant sur le bord avec

une épingle. On aperçoit aussi des points et de petits lambeaux de caillot incolore et transparent lorsqu'on décante le sang du verre de montre une ou deux minutes après son écoulement. Ces petits caillots sans couleur restent alors adhérens au fond. Pour éviter l'objection que, pendant la section de la cuisse de Grenouille, qui est le moyen le plus facile de déterminer une hémorrhagie, il s'était écoulé, en même temps que le sang, quelques gouttes de lymphe, à la fibrine dissoute de laquelle devait être attribué le phénomène, je recueillis le sang de l'artère crurale, qui accompagne le nerf à la partie postérieure de la cuisse; je mis ce vaisseau à découvert, et, au moyen de diverses précautions, je parvins à n'obtenir que son contenu, de manière à être certain d'avoir du sang pur. Je procédai de même sur le cœur mis à nu et ouvert. Chaque fois je remarquai qu'avant la coagulation complète du sang, il se produisait de petits caillots limpides comme de l'eau. Si je portais une goutte de sang pur sous le microscope, et que je l'étendisse de sérum, afin de bien écarter les globules les uns des autres, je voyais la substance auparavant dissoute produire, entre ces corpuscules, un caillot, par l'intermédiaire seul duquel ils se trouvaient dès-lors unis ensemble, de sorte que, quelque éloignés que fussent les globules, quelque grands que fussent les intervalles entre eux, je parvenais à les déranger tous à la fois en tirant avec une épingle le caillot qui remplissait leurs interstices. Comme les globules du sang de la Grenouille paraissent extrêmement volumineux à un fort grossissement, cette observation est facile à faire, et ne laisse point place au doute.

Cependant il y a encore une manière beaucoup plus facile, et peut-être même plus sûre encore, de se convaincre que la fibrine est réellement dissoute dans le sang. Comme je savais par expérience que le volume des globules de la Grenouille surpasse environ quatre fois celui des globules de l'homme et des Mammifères, je pensai que le filtre pourrait bien les retenir, au lieu de se laisser traverser par eux, comme il arrive à ces derniers. La chose a lieu en effet, et cette idée simple, qui ne me vint, comme à l'ordinaire, qu'en dernier lieu, me permit de constater que la dissolution de fibrine

passe parfaitement claire à travers le papier, et ne se coagule qu'après. L'expérience peut se faire avec le sang d'une seule Grenouille ; un très-petit entonnoir en verre et un filtre de papier joseph ordinaire sont les seuls ustensiles qu'elle exige ; on conçoit que le filtre doit préalablement être mouillé, et il est bon d'étendre sur-le-champ d'une égale quantité d'eau le sang qu'on vient de verser dessus. Le liquide qui traverse le papier est alors du sérum étendu d'eau, limpide et presque incolore, à part une très-légère teinte rouge, provenant d'un peu de matière colorante que l'eau ajoutée a dissoute : cependant, comme l'eau dissout assez lentement la matière colorante du sang de Grenouille, le liquide est à peine rougeâtre, et parfois même il n'a pas la moindre couleur. Si, au lieu d'eau pure, on emploie de l'eau sucrée (une partie de sucre et deux cents d'eau pure), il ne se dissout point du tout de matière colorante pendant la filtration, et l'on obtient un produit parfaitement incolore, exempt de tout mélange étranger. En l'examinant au microscope, on n'y découvre aucune trace de globules. Quelques minutes suffisent pour qu'il s'y forme un caillot tellement limpide et transparent, qu'on ne l'aperçoit même pas après sa production, à moins qu'on ne le retire de la liqueur avec une épingle. Peu à peu il se condense et devient filamenteux et blanchâtre : il ressemble alors à celui que j'ai obtenu de la lymphe humaine dans mes expériences.

Telle est la manière d'obtenir la fibrine du sang dans un état de pureté qu'on n'avait pu lui procurer jusqu'à présent. Quelques essais préliminaires sont indispensables pour trouver le papier qui convient. Si le filtre est trop mince, il laisse passer un petit nombre de globules, qu'on n'aperçoit ensuite qu'en examinant au microscope le caillot limpide dans lequel ils sont emprisonnés. Il va sans dire que, par ce moyen, on n'obtient pas la totalité de la fibrine dissoute dans le sang ; la plus grande partie se coagule dans l'intérieur du filtre, n'ayant pas le temps de le traverser avant que la coagulation s'empare d'elle. Pour une expérience qui n'exige pas beaucoup de précision, il suffit de prendre le sang qu'on obtient en coupant la patte d'une Grenouille au genou, et de le laisser aussitôt couler dans le filtre, sur lequel on a mis un peu

d'eau à peine sucrée. Mais cette méthode est grossière, en ce qu'un peu de lymphe peut se mêler avec le sang. Pour opérer sur du sang pur, il faut mettre à nu le cœur même de la Grenouille, l'ouvrir et recevoir le liquide qui s'en échappe. La fibrine qu'on obtient alors n'est pas sensiblement grenue, mais parfaitement homogène : ce n'est qu'après qu'elle s'est fortement resserrée sur elle-même, et qu'elle est devenue blanchâtre, qu'on y aperçoit, au microscope composé, des espèces de granulations très-petites, et à peine sensibles, qui peuvent fort bien tenir à des inégalités de la surface.

Si l'on reçoit le liquide qui traverse le filtre dans un verre de montre plein d'acide acétique, la fibrine de la Grenouille ne se coagule point, et demeure dissoute. Si le verre contient une dissolution saturée de chlorure de sodium, la fibrine ne s'y coagule pas non plus, ou du moins il n'y en a qu'une très-petite partie qui se prend en masse, de même que cette dissolution, ajoutée au sang frais de Grenouille, en retarde extraordinairement la coagulation, effet que produit également la solution de sous carbonate de potasse, sans détruire cependant la faculté de se coaguler.

Si l'on reçoit le liquide qui suinte du filtre dans un verre de montre contenant de la dissolution de potasse caustique, la fibrine ne se coagule point en une seule masse, mais il se produit peu à peu de très-petits flocons, qu'on ne remarque toutefois qu'en y faisant beaucoup d'attention. Ces petits flocons se forment d'une manière plus sensible encore lorsqu'on fait tomber le liquide dans un verre de montre contenant de l'éther sulfurique, qu'on renouvelle à mesure qu'il s'évapore. La manière dont la fibrine dissoute du sang de Grenouille se comporte avec la potasse caustique établit une différence essentielle entre elle et l'albumine du sérum, qui, en pareil cas, ne dépose ni globules ni petits flocons. La réaction de l'éther est importante aussi ; car, suivant Tiedemann et Gmelin, l'éther coagule bien l'albumine de l'œuf, mais non le sérum du sang. Mêlée avec l'ammoniaque liquide, la dissolution de fibrine du sang de Grenouille ne donne ni globules ni petits flocons.

Tous ces phénomènes me paraissent très-dignes de fixer

l'attention, puisque personne jusqu'ici n'a pu faire d'expériences sur la fibrine fraîche et dissoute. Ce que nous savions à l'égard de cette substance se rapportait soit à la fibrine coagulée, soit à celle-ci redissoute par des réactifs.

Prevost et Dumas ont cherché à déterminer la quantité des globules dans le sang de divers animaux, d'après la quantité du caillot sec. Leurs expériences, sous ce rapport, ne sont point sans intérêt; cependant Berzelius a déjà fait remarquer que le résultat d'une telle analyse quantitative ne saurait jamais être exact, parce que le caillot renferme en lui une grande quantité de sérum, qui, par la dessiccation, laisse son albumine et ses sels, tandis que le lavage enlève non pas seulement du sérum, mais encore de la matière colorante. D'ailleurs, Prevost et Dumas étant partis de la supposition que la fibrine du sang provient des globules, leurs résultats ont besoin d'une nouvelle correction. En effet, ce qu'ils appellent la quantité des globules doit être nommé la somme des globules et de la fibrine auparavant dissoute. Moyennant cette correction, les nombreuses évaluations quantitatives de ces physiciens conservent leur valeur. Il est nécessaire aussi de la faire subir aux analyses de Lecanu sur la quantité des globules dans les divers tempéramens et chez les deux sexes. Des expériences tout-à-fait nouvelles sont nécessaires pour déterminer la quantité de la fibrine dans le sang des différens animaux. Le meilleur moyen pour cela est le fouettement du liquide.

En fouettant le sang, on obtient, à l'état de caillot incolore, ou à peu près, la fibrine que ce liquide tenait auparavant en dissolution, tandis que les globules demeurent suspendus dans le sérum, sans avoir subi aucun changement. Quand on examine le sang après qu'il a été fouetté, il conserve encore tout-à-fait son aspect naturel; on trouve les globules qui y nagent uniformément, et qui n'ont éprouvé aucune altération, pourvu qu'on n'ait point ajouté d'eau. Je ne sais à quoi peut tenir que Berzelius dise le contraire. Il fait remarquer, en effet, que quand, après avoir fouetté le sang, on l'examine au microscope composé, on n'y aperçoit plus de globules, mais seulement de petits corpuscules rouges et brisés, qui nagent dans

un liquide jaune, et qu'il regarde comme des débris de l'enveloppe de matière colorante : il ajoute que ces corpuscules passent à travers le filtre de papier ; mais la même chose arrive aussi aux globules du sang frais des animaux supérieurs. Il dit que quand on conserve du sang fouetté pendant plusieurs jours à la température de zéro, ces corpuscules rouges tombent lentement au fond, et que la liqueur s'éclaircit au dessus d'eux, quoiqu'elle soit parfois encore rendue rougeâtre par une petite quantité de matière colorante non dissoute. Malgré tout le poids que j'attache aux opinions du grand chimiste suédois, je dois faire observer que je retrouve les globules, sans changement aucun, dans le sang fouetté, tant qu'il n'y a point été ajouté d'eau. Je les ai vus dans le sang ainsi traité du Veau et du Bœuf, tant avec le microscope de Frauenhofer, qu'avec un autre instrument, et ils n'avaient subi aucune altération ni dans leur volume ni dans leur forme, de sorte qu'il m'était aussi facile d'y constater même leur aplatissement que dans du sang frais. Le sang fouetté conserve son apparence naturelle pendant plusieurs jours à une température de quinze degrés du thermomètre centigrade ; les globules s'y maintiennent donc en suspension, et ne tombent point au fond. Au bout de douze heures, le sérum jaunâtre n'était qu'à une seule ligne au dessus du niveau des globules nageans, et au bout de deux jours ces derniers ne s'étaient abaissés que de deux lignes à deux lignes et demie au dessous du sérum, dans un vase suffisamment large et haut de huit pouces. Ce phénomène tient évidemment à la grande pesanteur spécifique du sérum du sang des animaux supérieurs. Les globules de la Grenouille se précipitent avec promptitude au fond du vase, dans un mélange de globules et de sérum. Si l'on ajoute de l'eau à du sang fouetté, une partie de la matière colorante se dissout, et une portion des globules tombe au fond, sous la forme de dépôt. J'ai déjà dit précédemment qu'il est absolument nécessaire, pour expliquer la couenne inflammatoire, de connaître la pesanteur spécifique du sérum du sang enflammé. Ici je vais donner le résultat de mes recherches sur celle des différens matériaux constituans du sang de Bœuf.

Un petit flacon bouché à l'émeri, de la capacité de cent quatre-vingt-quinze grains et treize seizièmes d'eau distillée, contenait deux cent grains et demi de sérum de sang de Bœuf, et deux cent sept grains du même sang débarrassé de la fibrine par le fouettement (globules et sérum). De là résulte que la pesanteur spécifique du sang de Bœuf dépouillé de la fibrine dissoute est de 1,057, et celle du simple sérum de 1,024.

Le fouettement du sang procure l'avantage extraordinaire, et qu'on ne peut obtenir par aucun autre moyen, d'isoler les globules sans leur faire subir le moindre changement, en les séparant de la fibrine qui était auparavant dissoute. Si l'on passe la masse à travers un morceau de toile, qu'on lave avec soin la fibrine, pour la dépouiller de tout le sérum qui pourrait y adhérer, et qu'on la fasse sécher, on obtient d'une manière certaine la quantité précise de fibrine que contenait une quantité donnée de sang. Mais la quantité des globules ne saurait être déterminée d'une manière aussi rigoureuse. Quand on a calculé la quantité du caillot rouge dans cent parties, et qu'on en a soustrait celle de la fibrine dans cent parties de sang, on obtient bien la quantité des globules contenus dans ce caillot, mais on en a simultanément une indéterminée d'albumine provenant du sérum qui se trouvait emprisonné dans le caillot, et dont l'albumine et les sels sont restés pendant la dessiccation. Il y a bien un moyen détourné, que Lecanu a proposé, pour déterminer la quantité de la matière colorante rouge; mais ce chimiste est parti aussi d'une supposition. On détermine la quantité d'albumine dans le sérum du sang, on dessèche du sang fouetté, débarrassé de fibrine, et on apprécie la quantité d'eau qu'il perd. Si maintenant on suppose que cette eau tenait en dissolution, d'une manière parfaitement uniforme, autant d'albumine qu'on en a trouvé dans le sérum, si par conséquent on admet que l'eau qui pénètre la substance des globules contenait aussi tout autant d'albumine, on peut déterminer la quantité d'albumine existant dans le mélange desséché de sérum et de globules de sang fouetté, et il reste la quantité des globules.

Comme il n'y a que la quantité de l'albumine préalable-

ment dissoute qu'on puisse déterminer d'une manière certaine, en opérant pour cela sur du sang fouetté, je ne me suis occupé que de ce point. De 3627 grains de sang de Bœuf fouetté j'ai obtenu 18 grains de fibrine à l'état sec, et de 3945 grains de sang de Bœuf non battu, 641 grains de caillot rouge, également à l'état sec; ce qui fait, sur cent parties de sang de Bœuf, 16,274 de caillot rouge sec, dans lequel il y a 0,555 de fibrine.

Prevost et Dumas ont trouvé plus de globules dans le sang artériel que dans le sang veineux ; mais on doit aussi entendre par là une plus grande quantité de caillot rouge. Comme les organes fournissent continuellement de la lymphe qui tient de la fibrine en dissolution, on doit s'attendre à ce que cette dernière soit plus abondante dans le sang artériel que dans le sang veineux. C'est aussi ce que Mayer a trouvé dans plusieurs expériences. Cependant il m'a paru nécessaire de m'en assurer moi-même et directement. J'obtins, d'une Chèvre, 1392 grains de sang provenant de la veine jugulaire, et peu de temps après, 3004 provenant de l'artère carotide. Ces deux sangs furent fouettés, en évitant avec soin les éclaboussures. Le sang artériel donna quatorze grains et demi de fibrine sèche, et le veineux cinq grains et demi. Le sang artériel de la Chèvre contient donc 0,484 pour 100 de fibrine dissoute, et son sang veineux, 0,395.

La matière que les chimistes ont étudiée jusqu'à ce jour comme étant la fibrine du sang, n'était que la fibrine dissoute dans ce même sang, et que l'on obtenait pure quand on fouettait ce liquide, mais qui, lorsqu'on la tirait du caillot rouge épuisé par le lavage, pouvait contenir encore les noyaux des globules, en supposant qu'il y ait réellement des noyaux dans les globules du sang de l'homme et des Mammifères. Cependant la quantité de ces noyaux ne saurait être bien considérable; car lorsqu'on lave du caillot rouge sur un filtre, on n'obtient pas plus de fibrine que quand on fouette du sang. Il pourrait arriver que ces noyaux, qui, dans tous les cas, sont d'une petitesse extraordinaire, se détachassent pour la plus grande partie du caillot pendant le lavage, et qu'ils fussent tenus en suspension dans la dissolution de matière colorante,

de même qu'en se contentant d'agiter le caillot rouge du sang de Grenouille même, on obtient avec le sérum une énorme quantité de globules entiers et non altérés, qui se détachent. Ces noyaux sont difficiles à découvrir au microscope dans une dissolution de substance colorante, s'ils s'y trouvent réellement contenus. Quand, après avoir placé une goutte de sang humain sur le porte-objet du microscope, on l'étend de plusieurs gouttes d'eau, les globules ne tardent point à devenir indiscernables, et la matière colorante se dissout dans l'eau, sans qu'on voie distinctement apparaître de noyaux; si l'on opère de la même manière avec de l'acide acétique, on n'aperçoit plus de globules qu'en y faisant beaucoup d'attention. Je ne sais pas si les noyaux de globules que j'ai obtenus du sang de Grenouille sont de la fibrine ou non; ils ont les propriétés générales de la fibrine et de l'albumine coagulées, ils se dissolvent aisément dans les alcalis et difficilement dans les acides, et l'acide acétique ne les altère point, même après vingt-quatre heures de réaction, quoiqu'il se charge d'ailleurs volontiers d'une certaine quantité de fibrine. Les globules du sang de la Grenouille, mis en petite quantité dans l'acide acétique, forment une poudre brune qui, examinée au microscope, ne montre plus rien de l'enveloppe colorante, et ne laisse apercevoir que des noyaux elliptiques. La fibrine ne se comporte pas ainsi avec cet acide, dans lequel elle devient transparente et incolore. Cependant la coloration en brun des noyaux ellipsoïdes tient peut-être aussi à de la matière colorante qui y adhère. Du moins le dépôt blanc de noyaux de globules du sang de Grenouille, qu'on obtient en étendant de beaucoup d'eau un mélange de sérum et de globules, ne se colore-t-il point. Le brunissement des noyaux dans l'acide me rappelle au passage de la Chimie animale de Berzelius, dans lequel il dit que l'acide acétique concentré convertit la matière colorante des Mammifères en une gelée tremblante et brune, qui, lorsqu'on la met digérer avec de l'eau, donne une liqueur à demi claire et d'un brun rouge, laissant un résidu noir insoluble.

Qu'on me permette encore une remarque au sujet du choléra. Le sang des hommes et des animaux en santé ne contient pas

d'acide, comme l'a prétendu Hermann, qui n'en a pas trouvé non plus dans le sang des cholériques. Le sérum réagit d'une manière évidemment alcaline chez l'homme et les Mammifères, tandis que celui du sang de Grenouille exerce si peu d'action sur les couleurs végétales, que l'on ne commettrait pas une bien grande erreur en le rangeant parmi les substances neutres. Il est évident que la principale altération du sang des cholériques consiste dans la tendance que ce liquide manifeste pendant la vie même à se coaguler. Que ce changement du sang soit la cause des symptômes, ou seulement l'effet de la cause immédiate, toujours est-il qu'on doit voir en lui le plus grand des obstacles à la guérison; car il n'y a plus de vie possible dès que des caillots se forment dans les vaisseaux. Il me paraît donc que le premier problème des médecins devrait être de combattre cette altération du sang. Or on sait que le sous-carbonate de potasse et celui de soude enlèvent au sang son aptitude à se coaguler, et il résulte des observations de Prevost et Dumas que le sang des animaux supérieurs ne se coagule plus quand on y ajoute un millième du second de ces sels. La même chose arrive avec le carbonate de potasse, quoique, même en grande quantité, il ne fasse que retarder pendant long-temps la coagulation du sang de Grenouille. Comme le sous-carbonate de potasse est une substance assez peu capable de nuire, il conviendrait, dès le début du choléra, de le donner à grandes doses et en insistant sur son emploi. J'invite les médecins qui en auront l'occasion à mettre ce conseil en pratique avec quelque persévérance.

III. De l'action de la pile galvanique sur le sang.

Pour bien juger des effets de la pile galvanique sur le sang, il faut d'abord chercher à connaître comment elle agit sur le sérum, qui est une dissolution d'albumine, avec des sels, et sur une dissolution aqueuse d'albumine du jaune d'œuf. Dans cette dernière, toute la substance animale n'est point dissoute, et la dissolution aqueuse d'albumine y présente encore au microscope des globules extrêmement petits, qu'on n'aperçoit qu'à de très-forts grossissemens. J'ai été conduit à examiner l'ac-

tion du galvanisme sur toutes ces liqueurs par les ingénieuses expériences de Dutrochet. J'ai eu souvent occasion de constater l'exactitude que cet observateur distingué apporte dans ses recherches; mais je ne suis pas toujours tombé d'accord avec lui en ce qui concerne les explications. Il faut se garder de considérer des faits intéressans dont on ne peut tirer aucune conclusion certaine comme des preuves à l'appui d'une hypothèse. Dans mes expériences, j'ai étendu une goutte de la liqueur à examiner sur une lame de verre, et je l'ai mise en rapport avec les pôles d'une pile de quatre paires de plaques minces, ayant deux pouces et demi de long et de large.

Si l'on galvanise une goutte de dissolution aqueuse de jaune d'œuf (qui tient en suspension de très-petits globules microscopiques), on remarque bientôt les ondes que Dutrochet a observées le premier. L'onde qui part du pôle cuivre ou négatif, et dans laquelle s'accumule l'alcali des sels, est transparente, à cause de la dissolution de l'albumine par cet alcali. Celle qui part du pôle zinc ou positif, et dans laquelle se réunit l'acide, est opaque et blanchâtre, surtout à son pourtour, moins au pôle lui-même. Ces deux ondes se dirigent l'une vers l'autre; et sur la ligne où elles entrent en contact, il se forme un caillot linéaire, qui a tout-à-fait la forme de cette ligne, et qui parfois est frangé, comme l'était le bord des ondes à l'instant où elles se sont touchées. Le contact des deux ondes a lieu avec un mouvement vif dans la ligne de rencontre, après quoi s'opère le dépôt du caillot. Mais dès que celui-ci est déposé, tout redevient tranquille, et l'on ne remarque jamais la moindre trace de mouvement dans le coagulum. Il est donc inconcevable qu'un observateur de premier ordre, tel que Dutrochet, puisse considérer ce caillot albumineux comme une fibre musculaire contractile produite par l'électricité. De plus, ce caillot, comme l'albumine qui, dans la galvanisation du sérum du sang, se dépose au pôle zinc, n'a point de consistance, mais consiste en globules faciles à séparer les uns des autres, et qui se sont seulement déposés sous la forme de la ligne de contact des deux ondes, sans avoir nulle cohésion entre eux. Si l'on expose aux deux pôles une goutte de sérum, peu importe qu'il provienne de la Grenouille ou d'un

Mammifère, pourvu qu'il ne contienne pas de globules, on n'aperçoit plus d'ondes, probablement parce que la limpidité du sérum les rend invisibles. Mais il se fait au pôle zinc un dépôt de globules d'albumine, qui là augmentent de dedans en dehors, attendu que ceux qui s'appliquent les premiers autour du pôle sont repoussés par les nouveaux dépôts qui se produisent sans relâche. D'après les vues que Dutrochet a suivies dans l'application de la pile galvanique à des substances animales, on devrait considérer l'albumine du sérum du sang comme un corps électro-négatif, parce qu'elle se dépose au pôle zinc ou positif. Mais ce dépôt est le résultat de la coagulation de l'albumine par l'acide des sels décomposés qui s'accumule au pôle zinc, et s'il ne se fait pas de dépôt d'albumine au pôle cuivre, c'est que l'alcali tient là cette substance en dissolution. Cependant, lorsque la pile est très-forte, il se précipite aussi de l'albumine au pôle cuivre, comme l'a montré Gmelin, et ce phénomène tient alors vraisemblablement à la chaleur qui est mise en liberté. Evidemment c'est des sels contenus dans les liqueurs qu'il dépend que la dissolution de jaune d'œuf ne dépose point de caillot au pôle zinc d'une pile de la force de celle dont j'ai fait usage, mais qu'elle y produise seulement une onde opaque, qu'un caillot se produise au contact des ondes émanées des deux pôles, et qu'au contraire le sérum du sang dépose de l'albumine au pôle zinc. Lassaigne coagula de l'albumine au moyen de l'alcool, et la lava avec ce menstrue jusqu'à ce que le nitrate d'argent attestât qu'elle ne contenait plus de chlorure de sodium. De cette albumine ainsi coagulée il se dissout 0,007 dans l'eau. Cette petite portion dissoute n'était point coagulée par la pile voltaïque, parce qu'elle ne contenait point de chlorure de sodium, car elle se coagulait dès qu'on y ajoutait du sel (1).

Si je voulais expliquer mes expériences d'après les principes de Dutrochet, l'albumine du jaune d'œuf serait neutre, parce qu'elle ne se coagule qu'au contact des deux ondes, et celle du sérum du sang serait électro-négative, parce qu'elle se coagule au pôle zinc. Mais il suffit, comme je l'ai éprouvé,

(1) Annales de chimie, t. XX, p. 97.

d'ajouter un peu de sel marin à la dissolution de jaune d'œuf, pour qu'elle se coagule au pôle zinc et qu'il ne se forme plus d'ondes.

Si l'on expose à l'action de la pile galvanique une goutte largement étalée de sang de Grenouille ou d'un Mammifère, les bulles ordinaires de gaz se forment autour du pôle cuivre, et l'albumine se coagule au pôle zinc, sous la forme d'un magma incohérent de granulations, absolument comme il arrive quand on traite le sérum du sang de la même manière. Les corpuscules du sang ne s'amassent ni au pôle positif ni au pôle négatif, la fibrine ne se coagule ni plus tôt ni plus tard qu'autrement, et elle ne le fait ni au pôle positif ni au pôle négatif, mais dans toute la largeur de la goutte, entre les deux pôles, et tout autour à quelque distance des pôles. Immédiatement autour des pôles les corpuscules du sang subissent une décomposition, à cause des acides et des alcalis qui s'accumulent sur ces points. Ceux du sang de Grenouille se rapetissent un peu, tant auprès du pôle zinc, qu'auprès du pôle cuivre, mais sans cependant se réduire jusqu'à leurs noyaux; dans tout le reste de la goutte, ils ne subissent aucun changement. La décomposition paraît se faire, près du pôle cuivre, aux dépens de la matière colorante; car, aussi loin que les bulles de gaz hydrogène s'amassent autour de ce pôle, il se dépose aussi une substance d'un brun clair et filante, qui se mêle avec les bulles. Ce mélange, examiné au microscope, consiste en bulles d'air et en corpuscules sanguins rapetissés, qui tiennent les uns aux autres. La fibrine se coagule au moment ordinaire dans toute la goutte, sans nul changement des globules, et cette coagulation a lieu de la même manière lorsqu'on emploie du sang artériel ou veineux de Lapin, au lieu de sang de Grenouille. Si, en opérant sur du sang frais de Grenouille, on enlève le caillot qui se forme, jusqu'à ce qu'il ne s'en produise plus, il reste enfin un mélange de globules et de sérum. On obtient davantage de ce mélange en agitant un peu le caillot qui s'est produit. Une goutte, largement étalée et exposée à l'action de l'appareil galvanique, présente les mêmes phénomènes que le sang frais, à l'exception de la fibrine, qui manque ici. Les globules ne s'accumu-

lent ni au pôle positif ni au pôle négatif, et restent à leur place dans toute la goutte. Au pôle zinc se forme un dépôt pultacé de globules d'albumine, comme quand on galvanise le sérum, si ce n'est qu'ici il est coloré en rouge par des globules. Au pôle cuivre se produisent l'écume ordinaire et la substance brunâtre et filante, provenant de globules décomposés. Cette matière brunâtre et filante s'obtient également lorsqu'on mêle avec une dissolution de potasse un mélange de globules et de sérum de Grenouille dépouillé de caillot. Un mélange de globules et de sérum provenant du sang fouetté de Mammifère ne dépose point de matière filante au pôle cuivre.

Il nous reste encore à examiner comment se comportent avec la pile voltaïque, et une dissolution de matière colorante du sang, dépouillée autant que possible de sérum, et la fibrine débarrassée de tous globules.

Si on lave du caillot rouge de sang de Mammifère jusqu'à ce qu'il soit dépouillé de sérum, et qu'ensuite on lave de nouveau dans un peu d'eau le caillot rouge qui reste encore, la première eau contient de la matière colorante avec beaucoup de sérum, et la seconde de la matière colorante avec peu de sérum. En exposant à l'action de la pile de Volta une goutte de cette dernière dissolution aussi chargée que possible de matière colorante, j'ai obtenu des résultats différens, selon que je fermais la chaîne avec les fils de cuivre eux-mêmes, ou que j'ajoutais à celui du pôle zinc, qui s'oxide fortement, un bout de fil de platine, pour mettre hors de jeu l'oxidation du cuivre. Dans le premier cas, les phénomènes ont été différens de ceux que décrit Dutrochet : dans le second ils ont été les mêmes.

Lorsque j'employais de simples fils de cuivre pour fermer la chaîne, il se produisait, autour du pôle zinc, un caillot pultacé rouge d'albumine et de matière colorante du sang. Ce caillot allait toujours en augmentant, parce que l'anneau rouge formé autour du pôle se trouvait chassé par le dépôt survenu en avant de lui. Mais les dépôts subséquens sont moins rouges, et la plupart n'ont qu'une teinte de gris-blanc. La coagulation a lieu tout autour du fil : cependant le caillot s'étend un peu plus vers le pôle cuivre qu'il n'a coutume de le faire à la pé-

riphérie du pôle zinc. C'est une sorte de précipité, qui a la forme des ondes dans les expériences précédentes, mais qui se compose d'une bouillie consistante. Au pôle cuivre on remarque le développement ordinaire de gaz et quelquefois une onde très-peu marquée, dans laquelle la matière colorante est tout aussi dissoute que dans le reste de la goutte; le bord de cette onde est un peu plus rouge. Dutrochet en fait une onde rouge, ce qui est absolument sans motif. C'est la dissolution alcaline de matière animale qu'on observe ordinairement autour du pôle cuivre qui tient ici, comme le reste de la goutte, de la matière colorante en dissolution, tandis que de l'albumine et de la matière colorante se coagulent au pôle zinc. Quand la lame de verre repose sur un fond blanc, on n'aperçoit pas l'albumine coagulée autour du pôle zinc, et l'on ne voit alors que le bord rouge provenant du premier caillot rouge qui s'est déposé autour de ce pôle et que de nouveaux dépôts ont successivement distendu. Si l'on pose la lame de verre sur un fond noir, on voit qu'il n'y a pas d'onde transparente qui chasse devant elle une bande rouge, comme le dit Dutrochet, mais que la bande rouge est tout simplement le bord également coagulé du caillot qui s'est produit au pôle zinc. Dutrochet décrit autrement les phénomènes de l'action du galvanisme sur la dissolution de la matière colorante : il aperçut deux ondes; l'onde acide au pôle zinc était transparente, et, en s'accroissant, chassait devant elle la matière colorante rouge, qui s'accumulait autour de cette onde, comme au dehors d'elle; l'onde alcaline du pôle cuivre, au contraire, était prise par la matière colorante rouge. Les deux ondes, en se réunissant, produisaient un caillot léger, provenant de l'albumine du sérum. La matière colorante rouge se combinait presque en entier avec ce caillot. De cette expérience, où la matière colorante est dite fuir le pôle positif et s'amasser au pôle négatif, Dutrochet conclut que cette substance est électro-positive, conclusion que l'expérience elle-même ne justifie nullement. J'ai déjà dit que quand j'employais des fils de cuivre pour fermer la chaîne galvanique, la matière colorante se coagulait de suite, avec de l'albumine, autour du pôle zinc, et que le caillot rouge était

seulement distendu de plus en plus par de nouveaux caillots d'albumine. Lorsqu'au contraire, pour éviter l'influence résultant de l'oxidation qu'éprouve le fil de cuivre, je terminais celui-ci par un bout de fil métallique non oxidable, en platine par exemple, j'obtenais presque entièrement les phénomènes décrits par Dutrochet. Il se produisait réellement, au pôle cuivre et au pôle zinc, des ondes qui marchaient l'une vers l'autre; celle du pôle cuivre et celle du pôle zinc avaient toutes deux un bord rouge bien sensible. Dutrochet a omis cette circonstance dans l'onde du pôle cuivre, et cependant elle est fort importante. L'onde du pôle cuivre n'est pas plus rouge que la matière colorante hors de l'onde : son bord seul est plus rouge, de sorte qu'il y a inexactitude quand Dutrochet dit que la matière colorante s'accumule au pôle cuivre; j'ai répété l'expérience un très-grand nombre de fois, et jamais je n'ai observé cette accumulation. La matière colorante rouge s'éloigne même jusqu'à un certain point du pôle cuivre, dans le bord rouge de l'onde, absolument comme, dans le bord rouge de l'onde de l'autre pôle, elle s'éloigne aussi du pôle zinc. Si l'onde du pôle cuivre n'est pas plus rouge que la matière colorante de la goutte hors de l'onde, l'onde du pôle zinc est, au contraire, réellement moins colorée dans l'intérieur que le liquide situé hors de l'onde, mais elle n'est pas non plus absolument incolore. Le bord de l'onde plus transparente de ce pôle est plus rouge que celui de l'onde du pôle cuivre, qui frappe aussi par sa coloration plus intense; au bord de l'onde du pôle cuivre la matière colorante est à l'état de dissolution concentrée, et au bord de celle du pôle zinc elle consiste en de très-petits globules.

Dans mon opinion, cette expérience a une grande analogie, quant au résultat, avec celle qui consiste à faire agir la pile voltaïque sur une dissolution de jaune d'œuf. L'onde acide du pôle positif chasse ici des globules blancs devant elle, comme l'onde acide de la dissolution de matière colorante chasse des globules rouges; cependant l'onde acide de la dissolution de jaune d'œuf est trouble, et celle de la dissolution de matière colorante est transparente et un peu décolorée. L'onde alcaline du pôle cuivre se comporte de la même manière dans les

deux cas ; dans tous deux, elle est claire ; dans la dissolution de jaune d'œuf, elle contient de l'albumine dissoute, et dans celle de matière colorante, de la matière colorante également dissoute. Dans la dissolution de jaune d'œuf, l'onde alcaline est claire, tandis que l'albumine du reste de la goutte contient aussi des globules ; dans la dissolution de matière colorante, l'onde alcaline est claire, comme la matière colorante du reste de la goutte. Si, en opérant sur la dissolution de matière colorante, on n'emploie que de simples fils de cuivre pour fermer la chaîne, de la matière colorante et de l'albumine se coagulent au pôle zinc ; si l'on ajoute un peu de chlorure de sodium à la dissolution de jaune d'œuf, l'albumine se coagule au pôle zinc. Quand on mêle un peu de sel marin à la dissolution de matière colorante, elle se comporte, même sur le fil de platine, comme la dissolution salée de jaune d'œuf : il ne se produit pas d'ondes, et un caillot blanchâtre se forme au pôle zinc. D'après toutes ces circonstances, je regarde comme non prouvée l'opinion émise par Dutrochet que la matière colorante du sang est électro-positive.

Dutrochet, qui considérait les noyaux des globules comme les parties constituant la fibrine du caillot, prit du caillot dépouillé de la matière colorante par le lavage, ou de la fibrine incolore, et en opéra la dissolution dans de l'eau alcaline. Ensuite il exposa cette dissolution à l'action de la pile voltaïque. Il se dégagea beaucoup de gaz hydrogène au pôle négatif, et du gaz oxygène au pôle positif. Mais les deux ondes n'eurent point lieu ; la fibrine dissoute s'accumula seulement au fil positif ou au pôle zinc. Dutrochet conclut de là que la dissolution alcaline de fibrine se comporte comme un sel neutre, dont l'alcali se rend vers le pôle négatif et l'acide vers le pôle positif, et que la fibrine est électro-négative. Or on sait que la fibrine se comporte avec les alcalis et les acides de manière à pouvoir jouer tantôt le rôle d'une base et tantôt celui d'un acide. De sa manière d'agir à l'égard des acides on aurait pu conclure le contraire de la proposition établie par Dutrochet, puisque la fibrine est apte à former des corps neutres avec les acides minéraux. Cependant il est nécessaire d'examiner les expériences elles-même de ce physicien. Je les ai trouvées

exactes dans la plupart des points. Toutes les fois que j'ai exposé une dissolution de fibrine du sang dans une eau faiblement alcaline à l'action de la pile galvanique, sur un verre de montre ou sur une lame de verre, j'ai obtenu une faible quantité de caillot pultacé blanc au pôle zinc. Or comme j'avais pris la fibrine du sang de Bœuf battue, et que je l'avais lavée assez long-temps sur le filtre, je pouvais être à peu près certain qu'elle ne contenait ni sérum ni sels du sérum, de sorte que, au premier coup d'œil, la dissolution alcaline de cette substance semble se séparer en fibrine électro-négative et alcali électro-positif. Mais, en tirant cette conclusion, on ne songe point aux sels que la fibrine épuisée par le lavage contient comme parties constituantes d'elle-même, et dont la décomposition par la pile peut produire un dégagement d'acides au pôle zinc, et faire ainsi coaguler la fibrine par la formation d'un corps neutre. Cependant il y a des objections plus graves encore à élever contre l'expérience elle-même. Le résultat décrit par Dutrochet n'a lieu que quand on se sert de fils en cuivre pour fermer la chaîne; on ne l'obtient pas lorsque, pour éviter l'oxidation de l'extrémité du fil de cuivre du pôle zinc, on garnit celui-ci d'un bout de fil en platine, comme je m'en suis convaincu dans toutes mes expériences à ce sujet. Dutrochet paraît n'avoir employé que des fils de cuivre. S'il se trouve un fil de platine au pôle zinc, le dégagement de gaz est le même, et l'on voit encore plus de gaz écumeux au pôle zinc, parce que ce fil ne s'oxide point, comme celui de cuivre. Mais il ne se produit pas non plus le moindre vestige de caillot au pôle zinc. De là on doit conclure que la formation d'un caillot au pôle zinc d'un fil de cuivre plongeant dans la dissolution alcaline de fibrine, dépend de l'oxidation du cuivre. Peut-être l'oxide se combine-t-il avec la fibrine, comme on sait qu'une combinaison d'oxide métallique et d'albumine s'effectue lorsqu'on verse une petite quantité de sel métallique dans le sérum du sang, et qu'on ajoute un peu plus de potasse caustique qu'il n'en faut pour décomposer le sel, cas dans lequel l'oxide ne se précipite pas, mais forme avec l'albumine une combinaison soluble, qui peut

être coagulée par l'ébullition (1). Cependant le caillot de fibrine qui se produit autour du fil de cuivre du pôle zinc n'est point d'un vert céladon, comme il devrait l'être s'il devait naissance à de l'oxide de cuivre, et il a une teinte opaline.

En un mot, la dissolution de fibrine dans l'eau alcaline n'est point décomposée par la pile galvanique, dès qu'on n'emploie pas un fil de cuivre au pôle zinc, et en conséquence la fibrine ne se comporte point comme un corps électro-négatif. On peut se convaincre, par la circonstance suivante, combien la précipitation de l'albumine et de la fibrine au pôle zinc dépend du sel contenu dans la dissolution : la dissolution alcaline de fibrine ne dépose jamais aucune trace de caillot sur le fil de platine de ce pôle ; mais la coagulation a lieu aussitôt qu'on ajoute un peu de sel marin à la liqueur, car alors l'acide hydrochlorique de ce sel fait naître un caillot au pôle zinc. De là il découle aussi que, si l'on veut expérimenter l'action de la pile voltaïque sur une dissolution de fibrine dans de l'eau faiblement alcaline, il faut avoir eu soin préalablement de bien dépouiller cette fibrine de sérum, parce que le sérum contient du chlorure de sodium. Or on se la procure exempte de sérum en la tirant du sang fouetté et la lavant à grande eau. Dutrochet regardait comme noyaux des globules la fibrine obtenue du caillot ; c'est encore là une erreur, puisque, comme je l'ai fait voir, la fibrine est dissoute dans le sang.

Comme on peut, en suivant la méthode que j'ai indiquée, se procurer la fibrine du sang de Grenouille sans globules du sang, puisqu'elle passe incolore en filtrant le sang frais à travers du papier joseph qui ne soit pas trop mince, il me parut très-intéressant de rechercher comment la pile galvanique se comporterait avec la fibrine fraîche encore liquide. Pour cela je versai sur le filtre parties égales d'eau et de sang de Grenouille, et je mis de suite la liqueur en contact avec les pôles de la pile : il se déposa de l'albumine pultacée au pôle zinc ; la fibrine limpide ne se rassembla ni au pôle zinc ni au pôle

(1) Berzelius, Traité de chimie, t. VII, p. 70, 71.

cuivre, mais se coagula, comme à l'ordinaire, dans le milieu du liquide, et produisit un caillot isolé, de la même manière absolument que si je n'eusse point appliqué le galvanisme. La coagulation de cette substance eut lieu dans le laps de temps accoutumé, sans que la pile influât sur elle. Le précipité albumineux au pôle zinc était de même nature que celui qui s'était produit en galvanisant la liqueur débarrassée de caillots fibrineux.

J'ai essayé aussi la pile de Volta sur les globules du sang de Grenouille. On prépare un mélange de globules et de sérum, en agitant le caillot et le retirant ensuite. Ce mélange est mis dans un grand verre de montre, avec de l'eau; on le remue, puis on le laisse en repos pendant vingt-quatre heures. Alors la matière colorante est dissoute, et l'on trouve au fond le dépôt blanc de noyaux des globules. On retire la plus grande partie du liquide surnageant au moyen d'une pipette. Si l'on mêle le dépôt avec un peu d'eau, et qu'après en avoir étalé une grosse goutte sur une lame de verre, on l'expose à l'action de la pile voltaïque, on observe les mêmes phénomènes qu'en opérant sur une dissolution aqueuse de jaune d'œuf : il se produit deux ondes; celle du pôle zinc est trouble, et pousse des globules devant elle; celle du pôle cuivre est limpide, et ne contient point de globules. Ainsi l'onde du pôle zinc chasse devant elle des globules rouges dans la dissolution de matière colorante, des globules blancs dans le mélange d'eau et de noyaux des globules. Ici il n'y a point de différence électrique entre le noyau et l'enveloppe. L'onde du pôle zinc est seulement transparente dans la dissolution de matière colorante, et trouble dans le mélange d'eau et de noyaux des globules, ainsi que dans la dissolution de jaune d'œuf.

Les courans électriques que plusieurs savans français distingués admettent dans le sang, sont contraires à l'expérience et à l'esprit qui doit diriger aujourd'hui la physiologie. L'état actuel de la science veut qu'on n'admette ces courans que là où l'on peut en démontrer l'existence. Or, jamais on ne parvient, à l'aide d'un bon multiplicateur, à en apercevoir aucune trace ni dans les nerfs ni dans le sang, comme Per-

son (1) l'a fait voir pour les premiers, et Pouillet (2) pour le sang humain. Cependant ils devraient se révéler à un instrument si sensible à l'influence des courans électriques, que l'oxidation des fils suffit déjà quelquefois pour agir sur l'aiguille aimantée, de sorte que, comme l'a fait voir Pouillet, on doit s'abstenir, dans les expériences délicates sur des substances animales, d'avoir recours à des métaux oxidables pour conducteurs. De deux multiplicateurs que j'ai employés dans les expériences de ce genre, l'un montre l'action galvanique de deux petites plaques de zinc et de cuivre unies par un papier humide et reposant sur du verre, par une déviation d'environ cent degrés de la boussole. Cependant cet instrument ne m'a jamais fait apercevoir, ni dans les nerfs ni dans le sang coulant, aucune trace de réaction, alors même que je plongeais un fil dans une artère et l'autre dans une veine. On devrait pourtant remarquer le courant électrique quand il n'aurait qu'un centième de l'intensité électrique de la paire de plaques dont je viens de parler, et même quand il ne serait qu'une partie aliquote d'un centième de cette intensité.

Les physiciens eux-mêmes, qu'on ne peut cependant point accuser d'aimer les hypothèses, n'ont que trop de tendance à adopter, au sujet des phénomènes de la vie, des hypothèses physiques dénuées de tout fondement. Il faudra étudier les forces organiques avec le même soin que les forces inorganiques, et posséder sur leur compte une masse de faits aussi complète que possible, avant de pouvoir se hasarder à établir des parallèles qui maintenant sont dénués de toute vraisemblance.

(1) Journal de Magendie, t. X, p. 216.
(1) *Ibid.*, t. V, p. 5.

Section deuxième.

DE LA VIE DU SANG.

§ 692. Comme le sang reste semblable à lui-même dans l'intérieur de l'organisme vivant (§ 688), tandis que, hors de cet organisme, il ne tarde pas à se décomposer (§ 667), il doit dépendre de l'action vivante des parties solides, et, en sa qualité de suc vital (§ 660, 3°), il doit réagir à son tour sur celles-ci et entretenir leur existence. Le sang est donc en conflit avec les organes, et il prend part à la vie considérée dans son ensemble, c'est-à-dire qu'il se comporte comme un membre vivant de l'organisme. Or l'essence de ce conflit ne consiste qu'en un changement de la proportion des principes constituans et des forces, de manière qu'il ne tombe pas immédiatement sous les sens. Mais il suppose des changemens de lieu ou des mouvemens du sang, qui en entraînent d'autres aussi à leur suite, et ces mouvemens visibles représentent le côté extérieur de la vie du sang, tandis que le conflit chimico-dynamique appartient à la vie intérieure ou proprement dite de ce liquide. Ayant donc résolu de procéder partout du dehors au dedans, nous avons à nous occuper d'abord du mouvement du sang (§§ 692-740), pour arriver à la connaissance de sa vie intérieure (§§ 741-773).

PREMIÈRE SUBDIVISION.

De la vie extérieure du sang.

CHAPITRE PREMIER.

Des phénomènes de la vie extérieure du sang.

Le témoignage des yeux suffit pour nous convaincre que le sang est agité d'un mouvement continuel dans le corps animal vivant. En effet, lorsqu'on ouvre un vaisseau, ce liquide s'élance sous la forme d'un jet, tandis que, sur le cadavre, il ne coule qu'autant que le comportent les lois de la pesanteur et de la pression. Quand on comprime ou qu'on lie un vaisseau, il se gonfle d'un côté et se vide de l'autre. On sent

aussi le mouvement du sang dans le pouls des artères, et on le voit dans les vaisseaux, lorsque ceux-ci sont transparens. D'ailleurs ce mouvement ressort déjà de l'idée qu'on doit se former d'un liquide chargé de présider à la vie (§ 660, 3°).

Le mouvement de suc vital ne peut affecter que deux directions, l'une vague et variable, l'autre qui reste toujours la même.

I. Dans le premier cas, le suc vital a tantôt une direction et tantôt une autre, suivant qu'il est appelé vers tel ou tel point.

1° Cet état de choses a lieu au plus bas échelon de l'organisation, chez les animaux les plus inférieurs (§ 661, 4°), comme aussi dans les végétaux, ceux surtout qui consistent uniquement en tissu cellulaire, sans qu'il y ait de routes spéciales tracées dans leur intérieur. N'étant point encore séparé par des parois qui lui appartiennent en propre, le suc vital se répand sans direction déterminée, s'épanche dans les vides de la masse organique, et pénètre la substance solide elle-même. On démontre principalement ce phénomène dans les végétaux, chez lesquels une partie du suc s'écoule dans les conduits intercellulaires, tandis que l'autre pénètre à travers les parois closes des cellules. Il porte le nom d'*imbibition*.

2° A un degré un peu plus élevé, le suc vital est emprisonné par des parois spéciales, en dedans desquelles il se meut comme dans une carrière fixe, mais sans avoir encore de direction arrêtée, et par une véritable *fluctuation*, qui le porte tantôt en avant, tantôt en arrière. C'est le cas des Échinodermes et des Annélides, comme aussi des animaux dont le canal digestif se ramifie plus ou moins en manière de vaisseaux (§ 661, 3°).

II. Quand le suc vital coule toujours dans la même direction, comme il ne se reproduit pas continuellement, il est obligé, en arrivant au bout de l'espace qu'il parcourt dans un sens, de revenir sur lui-même, et de suivre une direction inverse pour regagner le commencement du chemin qu'il a parcouru. Il y a alors *circulation*.

3° Dans son état rudimentaire, la circulation est *partielle*,

ou sans vaisseaux conducteurs. L'organisme, manquant d'unité supérieure, se compose de segmens homogènes, dont chacun a sa circulation propre, sans que celle-ci soit accomplie par des dispositions organiques particulières. Ainsi, dans les diverses espèces de *Chara*, le *Caulinia fragilis*, le *Nitella*, le *Vallisneria spiralis*, le *Naias major*, l'*Hydrocharis morsus ranæ*, le *Stratiotes aloides*, le *Sagittaria sagittifolia*, et probablement d'autres plantes encore, on voit, dans chaque cellule, des globules blancs exécuter régulièrement et sans interruption un mouvement qui consiste à monter le long d'une des parois latérales, à se porter en travers de la paroi supérieure, à descendre le long de l'autre paroi latérale, et à reprendre la direction transversale à la paroi inférieure. Comme ce mouvement ressemble parfaitement à celui de la natation, on admet que le suc transparent contenu dans les cellules exécute, avec ses globules, une circulation.

4° Une circulation générale, étendue par tout le corps, dans l'intérieur de vaisseaux artériels dirigés vers la périphérie, et de vaisseaux veineux retournant vers le centre, a lieu chez les animaux invertébrés supérieurs et chez tous les vertébrés. Perrault et Mariotte, concluant d'après l'analogie des animaux supérieurs, admettaient aussi une circulation de ce genre dans les végétaux; mais ils ont été réfutés par Hales. De nos jours, Schultz a vu, d'abord dans les feuilles de la Chélidoine, puis dans les autres parties de cette plante, et enfin dans tous les végétaux pourvus d'un suc laiteux, ce suc donner lieu à deux courans opposés, et il a admis, chez ces êtres, une circulation générale dans l'intérieur de vaisseaux afférens et efférens propres; mais, depuis dix ans, cette hypothèse, loin de se confirmer, a été combattue formellement par plusieurs observateurs sur l'exactitude desquels on peut compter, de sorte qu'il n'est point encore permis de la ranger au nombre des faits avérés.

ARTICLE I.

De la carrière parcourue par le sang.

I. Formes diverses de la carrière que le sang parcourt chez les animaux (1).

A. *Animaux sans vertèbres.*

§ 693. I. La plus simple forme de distribution du suc vital est l'imbibition organique. Nous sommes obligés de l'admettre dans tous les animaux simples chez lesquels les procédés de l'anatomie et le microscope n'ont pu faire découvrir ni vaisseaux proprement dits, ni voies alimentaires ramifiées. C'est ce qui a lieu chez les Infusoires, les Polypes et beaucoup d'Entozoaires.

II. Immédiatement après vient la distribution du suc par des vaisseaux particuliers. Elle a lieu d'abord au moyen d'un estomac ou d'un canal intestinal ramifié, dont les branches vont bien en se subdivisant toujours, comme celles des vaisseaux sanguins, mais finissent par se terminer en cul-de-sac. Ici se rangent les Acalèphes, les Planaires, et, parmi les Entozoaires, les Trématodes. Dans les Acalèphes, l'estomac se ramifie jusqu'à produire des conduits réticulés, terminés par des culs-de-sac. Mais Dugès, dans les Planaires, Bojanus et Mehlis, dans les Trématodes, les Distomes surtout, ont découvert, indépendamment du canal intestinal ramifié, un système vasculaire spécial, qui paraît être tout-à-fait indépendant des extrémités en cul-de-sac du canal intestinal, et se réunir en un petit tronc vasculaire central. Dans les Planaires, le tronc vasculaire principal est une grande anse ovale, située dans le plan de l'animal, et de laquelle partent les réseaux capillaires (2). Dans les Distomes, le tronc des vaisseaux répond à l'axe longitudinal du corps (3). Dans le *Tristoma coccineum*, il est circulaire.

(1) Rédigé en entier par J. Muller.

(2) Dugès, dans Annales des sciences naturelles, t. XV, P. V.

(3) Mehlis, *De Distomate hepatico et lanceolato*. Gœttingue, 1825, in-fol.

III. D'après les belles recherches de Tiedemann, l'ordre des Échinodermes, qui comprend les Astéries, les Oursins et les Holothuries, se fait déjà remarquer par une complication plus grande de la carrière du suc vital, mais qui n'a lieu qu'au canal intestinal, aux branchies et à l'ovaire. Dans les Étoiles de mer, des veines nombreuses et à parois fort minces, qui viennent de l'estomac, des appendices cœcaux et des ovaires, se réunissent en un seul tronc. Celui-ci forme une dilatation analogue à un cœur, et se ramifie à la manière d'une artère. Dans les Oursins, il y a deux troncs vasculaires aux côtés du canal intestinal : ces deux troncs communiquent ensemble au moyen d'une dilatation cordiforme et de leurs ramifications les plus déliées. On trouve également, au canal intestinal des Holothuries, deux troncs qui sont unis ensemble tant par leurs ramifications que par un grand réseau vasculaire situé sur l'une des branches de l'organe respiratoire. Cependant, chez ces animaux, de même que chez la plupart des Annelides, il ne paraît pas convenable d'établir une distinction entre artères et veines, puisque, chez les Vers à sang rouge, aucun des troncs vasculaires ne se comporte entièrement comme veine, et que, loin de là, chacun d'eux alternativement reçoit le sang des réseaux capillaires, ainsi que le ferait une veine, et le renvoie, par ses contractions, dans ces mêmes réseaux, à la manière des artères. Il est très-facile d'observer pendant la vie, chez les Annelides, cette alternation des troncs vasculaires, qui par conséquent représentent plutôt des cœurs que des artères et des veines.

Indépendamment du système vasculaire sanguin des parties internes, les Echinodermes en possèdent encore, d'après les observations de Tiedemann, un autre tout spécial, qui se rapporte à l'exercice de la locomotion. Ce second système est composé de vaisseaux qui partent en rayonnant d'un canal entourant la bouche, et vont gagner, soit la surface interne de la peau, comme dans les Holothuries, soit le test calcaire, comme dans les Oursins et les Astéries. Ces vaisseaux s'ouvrent dans les tentacules creux et leurs dilatations vésiculiformes. Ils contiennent un liquide clair comme de l'eau, qui, pendant les mouvemens de l'animal, s'épanche dans les ten-

tacules, dont il opère la turgescence et le redressement. Quand les parties reviennent sur elles-mêmes, le sang rentre dans les vaisseaux. Le liquide que contiennent ceux-ci n'éprouve donc point une circulation, mais seulement un flux de dedans en dehors et un reflux de dehors en dedans (1).

IV. La carrière que parcourt le sang, chez les Annelides, a beaucoup d'analogie avec celle qu'on observe dans les Echinodermes. Tous les troncs vasculaires doivent être considérés comme des cœurs, qui alternativement reçoivent le sang des réseaux vasculaires et l'y poussent par la contraction de leurs parois. Il n'y a que quelques uns de ces Vers, les Arénicoles, par exemple, chez lesquels les cœurs vasculaires offrent déjà des dilatations un peu considérables.

1° La Sangsue ordinaire (*Hirudo vulgaris*) est celui de tous les Annelides chez lequel on connaît le mieux le mouvement du sang. D'après mes observations microscopiques sur ces animaux demi-transparens (2), ils ont deux troncs vasculaires latéraux, qui communiquent à leurs extrémités, et par des anastomoses transversales, tant l'un avec l'autre qu'avec un troisième tronc situé à la partie médiane du côté ventral. Le tronc vasculaire médian présente des renflemens noueux dans les points où le cordon nerveux offre des ganglions. En examinant avec soin, on reconnaît qu'il n'est que l'enveloppe du cordon nerveux lui-même ; mais l'observation démontre aussi qu'il reçoit du sang, et par conséquent celui-ci entoure le cordon nerveux. Il y a un moment où le vaisseau latéral d'un côté et le vaisseau médian, ainsi que les anastomoses transversales situées entre eux, se remplissent simultanément de sang, tandis que l'autre vaisseau latéral et les branches qui en partent sont vides. Un moment après, ce second vaisseau latéral et ses ramifications sont seuls pleins de sang, tandis que l'autre et le médian se trouvent vides tous deux. Constamment un des vaisseaux latéraux et le médian sont ensemble en antagonisme avec l'autre vaisseau latéral seul. La communauté entre l'un

(1) Tiedemann, *Anatomie der Rœhrenholothurie, des pomeranzenfarbigen Seesternes und Steinigels*. Landshut, 1816, in-fol.

(2) Meckel, *Deutsches Archiv*, 1828, cah. I, Pl. I, fig. 1.

des latéraux et le médian dure quelque temps, environ vingt à vingt-cinq pulsations, après quoi le rapport change, et l'autre vaisseau latéral, qui jusqu'alors était seul, s'emplit et se vide de concert avec le médian. Le passage du sang s'effectue de la manière suivante. Pendant la contraction d'un des vaisseaux latéraux il coule visiblement, à travers le médian, dans celui du côté opposé, d'où il revient durant le second temps : cependant la contraction et l'écoulement commencent toujours en arrière et se portent en avant, comme par un mouvement ondulatoire; le vaisseau latéral et le médian commencent donc toujours à se vider par leur partie postérieure, et le vaisseau auparavant vide à se remplir par sa partie antérieure. Dugès dit positivement que le sang décrit un cercle dans les deux vaisseaux latéraux, de sorte que l'un d'eux se contracte d'abord en arrière et l'autre d'abord en avant, et que par conséquent le sang décrit, au bord de l'animal, une grande carrière qui revient sur elle-même. Quand on coupe l'animal en travers, la circulation continue encore quelque temps de la même manière, à cause des vaisseaux transversaux, comme l'a observé Rudolphi. Ainsi elle parcourt deux voies, un cercle horizontal d'un vaisseau latéral dans l'autre, et des ondulations transversales de l'un dans l'autre également, à la faveur des anastomoses situées en travers. Dans la Sangsue médicinale et dans celle de Cheval, il y a deux troncs vasculaires latéraux et un grêle vaisseau dorsal médian, par conséquent une disposition différente de celle qu'on observe dans l'*Hirudo vulgaris*, où le vaisseau médian est situé au côté ventral. Dugès (1) parle aussi d'un vaisseau ventral, qui paraît entourer le cordon nerveux, dans la *Sanguisuga officinalis*. D'après le même observateur, le vaisseau dorsal et le vaisseau ventral s'anastomosent ensemble par des branches abdomino-dorsales : d'autres branches vont des vaisseaux latéraux au vaisseau dorsal, anastomoses que Bojanus a cherchées en vain pendant si long-temps. Les anastomoses transversales, les vaisseaux latéraux et leurs réseaux vasculaires ont été connus par Bojanus mieux que par tout

(1) Ann. des sc. natur., t. XV, p. 310.

autre (1). D'après les observations de Weber aussi, les troncs latéraux se comportent comme des cœurs, qui chassent alternativement le sang dans les anastomoses transversales et dans les réseaux capillaires. Ici non plus, il n'y a point d'artères ni de veines constantes, mais des cœurs vasculiformes, des anastomoses transversales et des vaisseaux capillaires, qui entretiennent alternativement le sang dans des directions différentes. Weber a observé la circulation sur des embryons à maturité de Sangsue (2). D'abord un vaisseau latéral se remplissait et se vidait presque au même instant ; immédiatement après, l'autre vaisseau latéral s'emplissait et se vidait aussi tout à coup ; puis avait lieu une petite pause, pendant laquelle les deux vaisseaux latéraux étaient vides. Ces mouvemens se répétaient ensuite plusieurs fois dans le même ordre. La circonstance que la réplétion du second vaisseau latéral avait lieu parfois d'une manière très-rapide, et quelquefois seulement à la suite d'un petit repos après la contraction du premier, s'explique, selon moi, par les mouvemens de l'animal, qui devaient tantôt faciliter le passage à travers les anastomoses, et tantôt le rendre plus difficile. Weber a vu également, en accord avec mes observations sur l'*Hirudo vulgaris*, qu'une des extrémités du vaisseau longitudinal s'emplit la première de sang, puis successivement le milieu et l'autre extrémité, tandis que la première commence déjà à se vider par contraction. Weber enfin a remarqué, comme moi, une certaine périodicité ; après que le vaisseau latéral s'était ainsi rempli et vidé huit à treize fois, de telle sorte que la réplétion et le dégorgement commençassent à l'extrémité céphalique et se prolongeassent peu à peu vers l'extrémité caudale, une petite pause avait lieu, puis le mouvement se renversait dans le vaisseau latéral, de sorte que c'était l'extrémité caudale qui commençait à se remplir et à se vider la première.

D'après les observations de Dugès, les vaisseaux qui se répandent sur les vésicules respiratoires, dans les Hirudinées, sont artériels et veineux. Les artères pulmonaires sont des

(1) *Isis*, 1818, p. 2089, P. 26, fig. 3-4.
(2) Meckel, *Deutsches Archiv*, 1828, cah. 4.

rameaux de branches des vaisseaux latéraux ; les veines pulmonaires seraient les énigmatiques canaux contournés, qui sont situés sur les vaisseaux latéraux, au voisinage des vésicules respiratoires, et dont la connexion avait échappé jusqu'à présent à tous les observateurs. Dugès a vu ces anses vasculaires se contracter, et toujours à partir des vaisseaux latéraux, dans lesquels s'abouche l'une de leurs extrémités. Si ses observations sont exactes, ces corps sont comparables à des cœurs pulmonaires, destinés à ramener le sang oxidé dans les troncs principaux, d'où il est parti pour s'engager dans de petits cercles latéraux (1). La confirmation d'un fait aussi important doit être attendue avec impatience.

2° Leo et Dugès sont ceux qui nous ont donné le plus de détails sur le système vasculaire du Lombric terrestre. Quant au travail de Morren, je ne le connais que par des extraits. Leo (2), Morren (3) et Dugès s'accordent à peu près quant aux vaisseaux principaux ; seulement Leo et Morren ont distingué les troncs en artères et en veines, ce qui ne convient pas, puisqu'ils agissent comme cœurs, et qu'il n'y a que leurs branches qui se comportent tantôt comme artères et tantôt comme veines. Mais Leo a donné des remarques plus précises sur les veines et les artères pulmonaires. Il y a deux troncs principaux ; le vaisseau abdominal, sous le canal intestinal, et le vaisseau dorsal, au dessus ; tous deux communiquent ensemble, tant par de petites anses qui entourent le canal intestinal, que par cinq à huit (cinq à six selon Morren, cinq selon Leo, sept à huit suivant Dugès, huit à neuf d'après Meckel) branches de communication, très-volumineuses et en forme de colliers de perles, qui se trouvent à la région des ovaires. Les deux troncs vasculaires principaux fournissent aussi, d'après Leo, les vaisseaux destinés aux vésicules pulmonaires. Indépendamment de ces deux gros troncs, dont le supérieur est celui qui présente les plus fortes pulsations,

(1) Annales des sc. nat., t. XV, Pl. VIII, fig. 2.

(2) *De structura lumbrici terrestris.* Kœnigsberg, 1820.

(3) *De lumbrici terrestris historia naturali necnon anatomia.* Bruxelles, 1829, in-4°, fig.

dirigées d'arrière en avant, il y a encore trois petits vaisseaux longitudinaux, dont Leo et Dugès font mention ; ils accompagnent le cordon nerveux ; celui du milieu est le plus gros, et Morren lui donne le nom d'artère nervoso-ventrale ; il communique avec les anastomoses du vaisseau abdominal et du vaisseau dorsal. L'alternation des vaisseaux dans leur action n'est point encore connue. Le cercle principal est inverse de ce qui a lieu chez les Hirudinées plates : de l'extrémité postérieure du vaisseau longitudinal supérieur il se porte en devant et en arrière et va gagner le vaisseau longitudinal inférieur ; chemin faisant, le sang se trouve jeté dans les arcades latérales et les réseaux capillaires.

3° La plus parfaite de toutes les formes d'organes circulatoires parmi les Vers, se rencontre chez l'Arénicole ; mais les observations qui s'y rapportent sont peu d'accord ensemble : il est impossible de concilier les descriptions de Cuvier, d'Oken et de Home. Aussi ai-je été fort satisfait de pouvoir étudier une espèce, l'*Arenicola carbonaria*, dont je possédais un grand nombre d'individus. Il y a un gros vaisseau principal contourné, au dos, entre les branchies, et un autre au dessous, entre l'intestin et le cordon nerveux ; l'inférieur se prolonge jusqu'à la tête, se recourbe alors en arcade vers le système nerveux situé au dessous de lui, et se partage là en deux vaisseaux plus petits, qui accompagnent le cordon nerveux entier sur le côté, et fournissent des anastomoses avec les vaisseaux branchiaux inférieurs, avant que ceux-ci s'abouchent dans le vaisseau principal inférieur. Les vaisseaux branchiaux supérieurs, qu'on appelle ordinairement artères branchiales, sont des branches du vaisseau principal supérieur, et les inférieures celles du vaisseau principal inférieur. Le canal intestinal possède, en outre, deux vaisseaux longitudinaux grêles, un supérieur et un inférieur, formant entre eux le plus beau réseau capillaire qu'il soit possible de voir, mais communiquant en haut avec le vaisseau principal supérieur par un grand nombre de vaisseaux grêles, en bas avec le vaisseau principal inférieur, de manière que les vaisseaux de l'intestin constituent un système particulier, que ses petits troncs longitudinaux rattachent par des anastomoses au grand

système des vaisseaux principaux. Enfin je dois encore signaler une anastomose du vaisseau principal supérieur et de l'inférieur, en devant, à l'endroit où les appendices latéraux particuliers, les oreillettes du cœur, s'appliquent au gros tronc du vaisseau supérieur. Ces oreillettes reçoivent une branche anastomotique du vaisseau principal inférieur, et par conséquent ramènent de suite une partie du sang de ce dernier dans le tronc principal supérieur, tandis que la plus grande partie du sang de ce même tronc inférieur se dirige plus en avant, pour passer dans les vaisseaux du cordon nerveux. Outre les anastomoses des deux troncs principaux par l'intermédiaire du système vasculaire intestinal, ils paraissent communiquer aussi tous deux avec les vaisseaux cutanés. Comme nous connaissons maintenant la direction des courans principaux, d'après ce qu'en disent Cuvier et Home, quoique ce dernier ait confondu le haut et le bas, on peut, d'après notre description, se faire une idée assez complète de la circulation. Le sang parvient dans le tronc vasculaire supérieur, d'abord du tronc inférieur par les oreillettes et la double anastomose, ensuite du système vasculaire intestinal par les nombreuses anastomoses déliées du vaisseau supérieur du corps avec le vaisseau longitudinal supérieur de l'intestin. Du tronc vasculaire supérieur, que Cuvier nomme l'artère branchiale, le sang passe dans les quatorze vaisseaux branchiaux supérieurs de chaque côté : le sang oxidé revient des quatorze vaisseaux branchiaux inférieurs de chaque côté vers le tronc vasculaire inférieur ; mais tous les vaisseaux branchiaux inférieurs reçoivent encore, des vaisseaux latéraux du cordon nerveux, des anastomoses que tous les observateurs ont omises, de même que les vaisseaux latéraux du cordon nerveux leur ont également échappé à tous. Le tronc principal inférieur reçoit donc le sang des vaisseaux branchiaux inférieurs et le ramène dans le corps, c'est-à-dire dans deux systèmes capillaires, celui du canal intestinal et celui de la peau, peut-être aussi dans les branchies. Comme le tronc principal inférieur marche d'arrière en avant, au côté inférieur du canal intestinal, pendant ce trajet il fait passer une partie de son sang, par de nombreuses anastomoses grêles, dans le vaisseau

longitudinal inférieur du canal intestinal, puis dans le réseau capillaire de l'intestin, vers le vaisseau longitudinal supérieur de ce dernier, d'où le sang peut revenir, par ses anastomoses verticales, dans le tronc principal supérieur. Une autre partie du sang revient du tronc principal inférieur dans le supérieur par l'anse destinée aux oreillettes; mais la plupart de celui du tronc principal inférieur continue de suivre ce vaisseau, et au moment où il se réfléchit en devant, se porte non en haut, mais dans les vaisseaux latéraux du cordon nerveux, qui accompagnent celui-ci dans tout son trajet. De là le sang repasse dans les vaisseaux branchiaux inférieurs, et par eux dans le tronc principal inférieur. De cette manière, il y a deux cercles principaux, dont le tronc principal inférieur est le chaînon intermédiaire. Il est encore douteux qu'on doive donner le nom d'artères aux vaisseaux branchiaux supérieurs, et celui de veines aux inférieurs, parce qu'on ignore si ce ne sont pas seulement de simples oscillations qui ont lieu entre ces vaisseaux.

Chez tous les animaux dont il a été question jusqu'ici, les vaisseaux principaux sont des cœurs, avec un pouls alternant, et ces cœurs sont multiples, disposition parfaitement en harmonie avec les mouvemens de contraction et d'extension de ces animaux vermiformes; en effet, elle prévient toute interruption de la circulation, puisque chaque segment de l'animal peut au moins recevoir une ondulation du sang contenu dans les troncs principaux. Nous trouvons chez tous un cercle vertical ou horizontal de sang, et entre les troncs principaux du cercle partout un mouvement oscillatoire du sang d'un tronc à l'autre, à travers les anses de communication et les réseaux capillaires.

V. Chez les Insectes, le tronc vasculaire principal est absolument simple : on lui donne le nom de vaisseau dorsal, et il représente le cœur. La circulation de ces animaux a été long-temps enveloppée d'une obscurité profonde. Swammerdam, Lyonet, Cuvier, Marcel de Serres, Meckel, Herold et autres avaient essayé en vain de découvrir, par les moyens anatomiques, des branches établissant une communication entre les organes et le vaisseau dorsal. Il parut donc tout

simple d'admettre l'opinion de Cuvier, que les Insectes manquent d'une circulation complète des humeurs, parce que l'air rencontre de tous côtés ces dernières dans un système vasculaire aérien divisé à l'infini. Cependant, moi et quelques autres observateurs, nous avions vu des branches du vaisseau dorsal se rendre à la tête. J'avais même déjà découvert et décrit, chez les Phasmes et beaucoup d'autres Insectes, une communication établie entre le vaisseau dorsal et les tubes de l'ovaire, par le moyen d'une multitude de petits filamens creux (1). Nitzsch, Gruithuisen, Ehrenberg et Hemprich avaient observé aussi des mouvemens de liquides dans diverses parties du corps des Insectes. Mais Carus (2) fut le premier qui constata l'existence d'une circulation complète, partant du vaisseau dorsal et y revenant. Le mouvement des humeurs est continu ; mais il s'accélère pendant les pulsations du vaisseau dorsal. Les petits courans paraissent ne point avoir de parois vasculaires. Leur distribution est extrêmement simple. Les antennes, les pattes et les soies caudales n'ont qu'un courant artériel simple, qui, à la fin du membre et souvent bien plus tôt, se réfléchit sur lui-même en un courant veineux. Les courans veineux se réunissent dans un vaisseau de la surface ventrale, qui communique avec le vaisseau dorsal, à la partie postérieure du corps. Cette circulation paraît ne pas être exclusive aux larves, comme Carus le présumait d'abord, mais appartenir aussi aux Insectes parfaits. Je l'ai observée moi-même dans les pattes et les antennes d'une jeune Scutigère. Cette découverte restreint, mais sans le renverser entièrement, ce que Cuvier avait dit des rapports réciproques d'un système vasculaire sanguin et d'un système vasculaire aérien, tous deux ramifiés. En effet, les petits courans des Insectes ne se résolvent point en réseaux vasculaires, comme ceux des Planaires, des Annelides et des Crustacés. On ne peut point non plus parler ici d'un rapport entre le système vasculaire sanguin et le système intestinal ramifié,

(1) *Nov. Act. Nat. Cur.*, t. XII, p. 2.

(2) *Entdeckung eines einfachen, vom Herzen aus beschleunigten Blutkreislaufes in den Larven netzfluegeliger Insekten.* Leipzick, 1827, in-4°.

qui, chez les Acalèphes, existe seul, sans véritables vaisseaux sanguins.

Wagner (1) a retrouvé les anastomoses que j'avais décrites entre les ovaires et le cœur; mais il doute, avec Treviranus et Carus, que ce soient des vaisseaux sanguins. Il a constaté les observations de Carus sur plusieurs Insectes. Chez des larves d'Éphémères, toute la masse du sang se réunissait dans deux gros et larges courans veineux de granulations sanguines, qui se portaient d'avant en arrière, des deux côtés du vaisseau dorsal et du canal intestinal, mais n'étaient point renfermés dans des vaisseaux, et paraissaient baigner librement les viscères. Suivant Wagner, dont les observations se rapportent avec celles de Straus sur le Hanneton, le vaisseau dorsal consiste en une série de chambres, entre lesquelles se trouvent des fentes latérales qui reçoivent du sang des courans veineux. D'après Straus, les ouvertures latérales sont garnies de valvules en dedans, et les huit chambres du cœur du Hanneton sont également unies par des paires de valvules saillantes à l'intérieur et dirigées en devant, de sorte qu'elles facilitent le mouvement du sang d'arrière en avant.

VI. La distribution des principaux vaisseaux partant du vaisseau dorsal des Arachnides est très-bien connue d'après les travaux de Meckel, ceux de Treviranus et mes propres observations. Le cœur du Scorpion a plusieurs étranglemens ou segmens; il se ramifie dans le corps adipeux de l'abdomen et de la poitrine, et accompagne toute la queue en forme de fil. Les poumons des Scorpions et des Araignées sont, d'après mes observations, des sacs qui se partagent en un grand nombre de petits compartimens en cul-de-sac, qu'on peut insuffler. Le suc du corps adipeux baigne ces compartimens en dehors; mais les vaisseaux qui prennent là leur origine ne sont point encore connus, non plus que les courans veineux qui ramènent le sang du corps au cœur.

Ce qu'il y a de très-remarquable, dans le Scorpion, c'est un système vasculaire particulier, qui se répand dans le corps adipeux, mais qui, selon ma découverte, a plusieurs con-

(1) *Isis*, 1832, p. 320.

nexions avec le cœur, et dont les petits troncs s'abouchent dans le canal intestinal, de chaque côté, fort au dessous des conduits biliaires. Ces vaisseaux ne peuvent mieux être comparés qu'aux *vasa malpighiana* des Insectes, quoique leur connexion avec le cœur, sur le compte de laquelle il ne reste aucun doute, demeure une inexplicable anomalie. Sécrètent-ils ou bien absorbent-ils des substances dans le canal intestinal, pour les mener au corps adipeux et au cœur (1)?

VII. Parmi les Crustacés, ceux des ordres inférieurs, notamment les Cloportes et les Entomostracés, ressemblent encore beaucoup aux Insectes, sous le point de vue de la circulation. Un grand nombre de ces animaux, notamment les Cloportes et les Squilles, ont un cœur fort allongé, ou un vaisseau dorsal; chez d'autres, au contraire, tels que les Daphnies, les Lyncées, les Cythères, parmi les Entomostracés, et tous les Crustacés supérieurs (Décapodes), ont un cœur raccourci et bien distinctement séparé. Il y a même, suivant Gruithuisen, une division veineuse artérielle dans celui des Daphnies.

4° Dans les Daphnies, de la circulation desquelles Gruithuisen a donné une fort belle figure (2), les petits courans sont aussi simples que chez les Insectes; ils deviennent veineux sans se résoudre en réseaux capillaires, de sorte qu'ils ne forment que de simples cercles d'un cœur à l'autre.

5° Chez les Décapodes, les vaisseaux ont acquis bien plus de développement, et il y a une respiration branchiale entre les veines du corps et le cœur. Audouin et Milne Edwards sont entrés à cet égard dans des détails que l'on désirait depuis long-temps (3). Le sang artériel arrive des branchies au cœur, par des vaisseaux qui sont placés à leur bord interne, en deux troncs, à l'orifice desquels on aperçoit des valvules. Du cœur naissent six artères principales; les trois plus antérieures vont à la tête; deux autres, parties du côté inférieur du cœur, se rendent au foie; le tronc principal naît de l'ex-

(1) Meckel, *Archiv fuer Anatomie,* 1828, P. II, fig. 22.
(2) *Nov. Act. Nat. Cur.,* t. XIV, p. 1, P. XIV.
(3) Hist. nat. des Crustacés, t. I, p. 94.

trémité postérieure et se rend dans la profondeur du corps, car il se réfléchit en arcade vers le bouclier thoracique. De ce tronc sort en arrière l'artère profonde de la queue; le tronc de l'anse vasculaire marche en avant, comme artère sternale, et donne les artères des pattes, ainsi que les artères profondes de la tête. De cette manière, il y a un système artériel superficiel, et un autre profond, dont les branches s'anastomosent principalement à la queue et à la tête. Voilà jusqu'où Bojanus avait porté la connaissance du système vasculaire des Décapodes. Il était réservé à Audouin et Milne Edwards de découvrir les veines et la circulation branchiale. Les veines paraissent avoir des parois extrêmement minces; elles se réunissent toutes dans des sinus veineux, qui sont situés latéralement, aux points d'insertion des pattes à la poitrine, et s'anastomosent tous ensemble. De ces sinus veineux naissent les artères branchiales, qui marchent au bord externe des branchies, et communiquent par un système capillaire avec les veines branchiales, dont deux troncs se rendent latéralement au cœur (1). J'ai vu à Paris des Homards injectés par les vaisseaux branchiaux, et j'ai pu ainsi me convaincre de l'exactitude des descriptions d'Audouin et d'Edwards, contre laquelle Lund avait élevé des doutes. Je ne puis pas non plus partager, avec Meckel, l'opinion de Straus, que la couverture membraneuse du cœur, qui tient solidement au test, est une oreillette, opinion que Straus a fondée principalement sur l'organisation tout-à-fait différente du *Limulus polyphemus*.

VIII. La circulation des Mollusques, notamment des Céphalopodes, des Gastéropodes et des Acéphales, a beaucoup d'analogie avec celle des Crustacés. Chez tous ces animaux, le sang des veines du corps est porté dans les artères branchiales, et retourne des réseaux capillaires des branchies ou des poumons au cœur. Mais il n'y a que le cœur aortique qui leur appartienne en commun. Le mouvement du sang des veines du corps vers le cœur artériel, à travers les branchies, est favorisé de deux manières, par des cœurs branchiaux si-

(1) Voy. les belles figures du système vasculaire de la *Maja squinado* et du Homard dans les Annales des Sciences naturelles, 1827, Pl. 24-32.

tués à l'endroit où les veines du corps se transforment en artères branchiales, comme chez les Céphalopodes, ou par deux oreillettes destinées à recevoir le sang des veines du corps et à le faire passer dans le sang artériel, comme chez les Gastéropodes et les Acéphales.

6° Bojanus a décrit fort exactement les organes circulatoires des Bivalves (1). Le cœur aortique, presque toujours traversé par le rectum, est muni de chaque côté d'une oreillette branchiale en forme d'aile. Le sang passe de cet organe dans le corps, par une artère supérieure et une artère inférieure, puis il revient du système capillaire du corps dans les veines. Celles-ci le conduisent, par deux troncs, dans un sinus veineux médian, d'où une innombrable quantité de petits vaisseaux le mènent dans le tissu spongieux des deux organes que Bojanus appelle des poumons. Ces énigmatiques organes, dont la teinte est d'un brun verdâtre, sont assurément plus comparables aux appendices spongieux des troncs veineux chez les Octopodes, comme l'a fait remarquer ingénieusement Van der Hœven (2), quoique Bojanus (3) eût déjà entrevu auparavant cette analogie. Des sinus veineux spongieux partent quelques courts vaisseaux, qui se portent immédiatement dans les oreillettes du cœur. Les autres vaisseaux émanés des sinus se rendent de suite à l'artère branchiale de chaque côté. Du système capillaire des branchies, le sang retourne, par les veines branchiales, dans les oreillettes, et de là dans le cœur aortique. Les choses sont ainsi disposées, quant aux points essentiels, dans le Bivalve gigantesque, *Tridacna gigas*, que j'ai préparé pour le cabinet d'anatomie de Berlin. Les organes de Bojanus sont un tissu brun, entièrement spongieux, qui tient de la même manière aux veines du corps et aux artères branchiales. Dans les Huîtres, les deux oreillettes forment un tout. Suivant Treviranus, une partie du sang des branchies serait conduite au cœur à travers l'organe spongieux de Bojanus, et cet organe serait l'analogue du sac externe des Gastéropodes. Dans les Ascidies, le cœur est allongé,

(1) *Isis*, 1817, p. 1, P. I-II.

(2) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1828, p. 502.

(3) *Isis*, 1820, t. II, p. 418.

simple et sans oreillette ; il reçoit d'un côté le sang des branchies, et donne de l'autre côté l'aorte; les veines du corps paraissent former le tronc de l'artère branchiale. C'est ainsi que Cuvier a trouvé les choses. Dans les Ascidies composées, le cœur a la même conformation, comme Savigny l'a montré sur le *Diazona*. La distribution du sang paraît être absolument la même dans les Biphores.

Les deux principaux ordres d'Acéphales se distinguent donc principalement en ce que les Testacés ont deux oreillettes branchiales veineuses, tandis que, dans les Nuds, le sang des veines branchiales arrive immédiatement au cœur aortique.

7° Dans la classe des Gastéropodes, il n'y a que quelques genres qui possèdent deux oreillettes de veines branchiales. Tels sont par exemple les Patelles et les *Haliotis*. Chez les autres, on ne trouve qu'une seule oreillette avec le ventricule. Toutes les veines du corps se réunissent en deux troncs qui, parvenus à l'organe respiratoire, poumon ou branchie, se transforment en artères branchiales, sans qu'on observe sur ce point de renflement qui ressemble à un cœur. Les veines branchiales se réunissent dans l'oreillette ; de cette manière, le sang arrive dans le ventricule aortique, et passe de là dans tout le corps. Si l'anomalie que Cuvier signale chez les Aplysies se confirme, elle est très-remarquable ; de grosses veines, qu'on peut regarder comme veines caves, communiqueraient par de grandes ouvertures avec la cavité abdominale. Il faut noter encore, dans les Aplysies, qu'au commencement de l'aorte se trouvent des appendices spongieux, tels qu'on en voit aux veines caves des Céphalopodes ; ces deux appendices consistent ici en de petits vaisseaux, qui partent de l'aorte et se terminent en cul-de-sac.

Suivant Treviranus (1), dans la *Limax* et l'*Helix*, une partie du sang pulmonaire, avant d'arriver au cœur, se rend au sac externe, qui, d'après Jacobson, sécrète de l'acide urique ; elle se répand dans ce sac, et s'y réunit de nouveau en un tronc, qui aboutit à l'oreillette.

(1) *Erscheinungen und Gesetze des organischen Lebens*, p. 222.

8° Chez les Céphalopodes, le cours du sang ressemble à la circulation des Acéphales et des Gastéropodes ; mais, entre les veines caves et les artères branchiales, on trouve de chaque côté un cœur d'artères branchiales. Le sang se rend des branchies, par les veines branchiales, au cœur aortique, qui est simple. Les Céphalopodes ont donc deux cœurs d'artères branchiales, au lieu que la plupart des Acéphales ont deux oreillettes de veines branchiales au cœur aortique lui-même. Il a déjà été parlé des appendices spongieux des veines caves.

9° Dans les Ptéropodes, la *Clio* par exemple, les veines branchiales se rendent immédiatement au cœur. Il est probable que les veines du corps forment le tronc des artères branchiales, ce que Cuvier n'a pas pu démêler.

10° Les organes circulatoires des Brachiopodes ne peuvent être réduits à ceux des autres Mollusques, et réclament encore de nouvelles recherches plus exactes. Cuvier a examiné la *Lingula anatina*. Les veines branchiales vont, de chaque côté, à un cœur ; il y a donc deux cœurs aortiques, si ce sont là réellement des cœurs. On ne trouve quelque chose d'analogue jusqu'à un certain point, que chez divers Acéphales, par exemple dans les genres *Arca* et *Pinna*, où le ventricule est divisé en deux portions, de chacune desquelles naît une aorte. Mais, chez les Brachiopodes, la forme du Mollusque entier exigeait cette complète séparation.

11° Le système vasculaire des Cirripèdes est encore à peu près inconnu. Je ne suis arrivé à aucun résultat en étudiant l'*Anatifa lævis*. Ce sujet réclame de nouvelles recherches, dans lesquelles il faudra surtout examiner d'une manière spéciale les deux organes que Cuvier regarde comme des oviductes, et dont l'une des extrémités se ramifie dans presque toutes les parties du corps, tandis que l'autre s'ouvre au bout de la trompe.

§ 694. Si nous embrassons d'un seul coup d'œil les changemens que le cours du sang présente chez les animaux sans vertèbres, nous apercevons les modifications suivantes.

1° Les sucs nourriciers se propagent à travers un intestin ou un estomac ramifié, comme chez les Médusines.

2° Il y a des troncs vasculaires contractiles doubles et mul-

tiples, dont les branches mènent à un réseau capillaire commun, et qui poussent alternativement le sang de côté et d'autre. On ne peut point encore ici parler d'une distinction entre artères et veines, car les troncs se vident et se remplissent d'une manière alternative, par contraction. Ainsi le sang de l'artère intestinale des Holothuries paraît passer, par le système capillaire de l'intestin, dans un nouveau réseau, puis de là dans l'artère branchiale, d'où il revient à l'artère intestinale, d'un côté par le système capillaire des branchies, de l'autre immédiatement par le premier réseau.

3° Chez les Vers à sang rouge, il n'y a point non plus de distinction appréciable entre les artères et les veines; on trouve des troncs vasculaires contractiles doubles et multiples, qui alternativement se remplissent et se contractent; mais cette contraction marche déjà ondulatoirement en cercle, soit dans une direction horizontale, comme chez les Hirudinées, soit dans une direction verticale, comme chez les Lombrics, les Arénicoles, les Naïdes; en même temps, le sang se jette alternativement, par les réseaux capillaires, d'un côté à l'autre, et *vice versa*. Il y a donc ici circulation incomplète d'un tronc à l'autre, en même temps que fluctuation alternative.

4° Chez les animaux seulement qui sont pourvus d'un tronc central unique, on remarque une circulation complète, simple, sans fluctuation, qui offre des courans artériels et des courans veineux. Tel est le cas des Insectes. Mais la circulation pulmonaire ne diffère point encore de la circulation générale. C'est ce qu'on voit chez les Insectes, chez les Crustacés simples, tels que les Daphnies, et probablement aussi chez les Arachnides.

5° Chez les Crustacés supérieurs, ou Décapodes, les courans veineux mènent d'abord dans les artères branchiales, et les veines branchiales conduisent le sang au cœur, qui est simple. Cette disposition règne chez la plupart des Mollusques; mais il n'y a que quelques uns de ces animaux, comme les Ptéropodes et les Acéphales nus, dans lesquels les veines branchiales aboutissent immédiatement au cœur aortique. Dans d'autres, tels que la plupart des Gastéropodes, ces veines se rendent d'abord à une oreillette,

laquelle est double dans les Acéphales testacés et certains Gastéropodes. Chez le plus grand nombre des Mollusques, le sang veineux du corps arrive tout entier dans les branchies; mais, chez les Acéphales testacés, il n'y parvient qu'en partie, le reste évitant ces organes et se versant de suite dans les oreillettes.

6° Enfin, chez les Céphalopodes, il y a un cœur entre les veines branchiales et l'aorte, et de chaque côté un autre cœur entre les veines du corps et les artères branchiales.

§ 695. Comparons maintenant la circulation des animaux sans vertèbres avec celle des animaux vertébrés.

Dès qu'une véritable circulation se manifeste dans le règne animal, toutes les modifications qu'elle peut présenter dépendent du rapport existant entre les vaisseaux et le système capillaire de l'organe respiratoire d'une part, les vaisseaux et le système capillaire du corps entier de l'autre. Tantôt il n'y a qu'une partie du sang qui respire pendant la grande circulation, et la petite circulation des poumons ou des branchies n'est, suivant l'expression de Cuvier, qu'une fraction de la grande. Tantôt tout le sang est obligé de parcourir la petite circulation des poumons ou des branchies, avant de se répandre dans le corps. Dans le premier cas se trouvent, parmi les animaux sans vertèbres, les Crustacés inférieurs, les Arachnides et les Vers; les Acéphales y sont moins, puisque chez eux déjà, la plus grande partie du sang des veines du corps passe aux artères branchiales, tandis que c'est la plus faible qui se rend immédiatement à l'oreillette, sans respirer; parmi les animaux vertébrés, on y compte les Reptiles. Dans le second sont la majorité des Mollusques, les Crustacés supérieurs, les Poissons, les Oiseaux, les Mammifères et l'homme. Les Poissons paraissent être supérieurs aux Reptiles sous ce rapport, et ces derniers occupent même un rang inférieur aux Mollusques et aux Crustacés. Mais Cuvier fait remarquer avec justesse que la respiration dans l'eau est beaucoup plus imparfaite que celle dans l'air, et que par conséquent la demi-respiration des Mollusques, des Crustacés et des Poissons, accompagnée d'une petite circulation entière, ne diffère point, en résultat, de la respiration entière

des Reptiles, avec petite circulation qui n'est qu'un appendice ou une fraction de la grande. Les modifications que la nature présente dans la manière dont les artères et les veines respiratoires naissent de la grande circulation sont très-considérables, et elle paraît même avoir épuisé à cet égard tous les cas imaginables.

I. La petite circulation est un appendice de la grande.

1° La petite circulation est une partie du système vasculaire veineux.

Chez les Acéphales testacés, une portion du sang des veines du corps retourne immédiatement aux oreillettes ; la plus grande partie parcourt les branchies, et revient aux oreillettes.

2° La petite circulation est une partie du système vasculaire artériel.

Dans les Protéides, parmi les Reptiles nus, et chez les autres Reptiles nus à l'état de larve, les artères branchiales sont des branches des arcs de l'aorte, et ceux-ci reçoivent les veines branchiales, comme autant d'autres branches.

3° La petite circulation est une partie du système vasculaire artériel et veineux.

a. Chez les Reptiles nus, les artères pulmonaires sont des branches de l'aorte, et les veines pulmonaires des branches des veines du corps. Il y a un ventricule, une oreillette.

b. Chez les Reptiles écailleux, les artères pulmonaires partent du tronc artérieux ou du ventricule lui-même, avec les autres artères ; les veines des branchies et du corps se réunissent en deux oreillettes distinctes du ventricule, qui est simple.

II. La petite circulation fait antagonisme à la grande.

4° La petite circulation naît des veines du corps et retourne au cœur.

C'est le cas des Mollusques, notamment des Acéphales nus et des Gastéropodes, et, parmi les Crustacés, des Décapodes.

a. Chez les Acéphales nus (Ascidies, Biphores), les veines du corps deviennent l'artère branchiale, et la veine branchiale aboutit au cœur aortique simple. Il en est de même chez les Décapodes.

b. Chez les Gastéropodes, il y a une ou deux oreillettes à l'embouchure des veines branchiales dans le cœur aortique.

5° La petite circulation naît du tronc artériel et y retourne. Chez les Poissons, le tronc artérieux du ventricule simple devient les artères branchiales, et les veines branchiales forment le tronc des artères du corps.

6° La petite circulation naît du ventricule pulmonaire, et retourne au ventricule de la grande; celle-ci revient au ventricule pulmonaire.

a. Dans les Céphalopodes, les veines du corps aboutissent aux deux cœurs branchiaux, qui fournissent les artères branchiales. Les veines branchiales se rendent au cœur aortique. Ces trois cœurs sont encore séparés l'un de l'autre, et privés d'oreillettes.

b. Chez les Oiseaux, les Mammifères et l'homme, il y a un ventricule pulmonaire et un ventricule aortique, tous deux munis d'une oreillette. Ces cœurs forment un tout réuni. L'artère pulmonaire naît seule du ventricule pulmonaire; les veines pulmonaires s'abouchent dans l'oreillette du ventricule aortique, et les veines du corps aboutissent à celle du ventricule pulmonaire.

B. *Animaux vertébrés.*

§ 696. Le cœur des Poissons a une oreillette pour recevoir les veines du corps, et un ventricule d'où le tronc artérieux naît par un bulbe contractile. Le tronc artérieux ne donne naissance qu'aux seules artères branchiales. Cette conformation paraît différer extraordinairement de celle des animaux pulmonés; mais nous avons occasion, dans la classe des Reptiles, d'observer le passage de l'une des formes de la circulation à l'autre : nous y trouvons de quoi nous justifier d'appeler tronc artérieux la principale artère qui naît du ventricule des Poissons, au lieu de la nommer, avec les uns, artère branchiale, avec les autres aorte. La classe des Reptiles se divise en deux sections, qui diffèrent tant sous le point de vue de la vestiture, que sous celui de toutes les dispositions anatomiques, mais surtout eu égard au mode de la circulation; ces deux sections sont celles des Reptiles nus et des Reptiles écailleux.

Les premiers ont, comme les Poissons, un ventricule et une oreillette ; ils ont un double condyle occipital, sont dépourvus de véritables côtes, manquent de limaçon, n'ont que la fenêtre ovale, et sont privés de pénis. Tous ont des poumons et des branchies pendant leur vie entière, ou subissent des métamorphoses, et possèdent d'abord des branchies, qui, plus tard, font place à des poumons. On range parmi eux les Batraciens, les Salamandrides, les Protéides (Protée, Sirène, Axolotl et Ménobranche), les Dérotrémates (*Amphiuma* et *Menopoma*), qui, pendant toute leur vie, présentent des trous branchiaux au cou, sans branchies, enfin les Cécilies. En effet, j'ai découvert tout récemment, sur une jeune *Cœcilia hypocyanea*, longue de quatre pouces et demi, et qui existe dans le musée de Leyde, qu'outre les caractères anatomiques énoncés plus haut, les Cécilies ont aussi pendant leur jeunesse des branchies internes et un trou branchial de chaque côté, tandis que j'avais en même temps sous les yeux un individu plus âgé, de la même espèce, chez lequel les trous branchiaux manquaient.

Les Reptiles écailleux, comprenant les Chéloniens, les Crocodiles, les Sauriens et les vrais Ophidiens, comme autant d'ordres distincts, ont des caractères anatomiques tout différens, et offrent précisément le contraire des Reptiles nus. Tous ont deux oreillettes, avec un seul ventricule, un condyle occipital simple, de véritables côtes, un limaçon et deux fenêtres dans l'organe auditif (1), enfin un ou deux pénis.

Les Oiseaux, les Mammifères et l'homme possèdent enfin non seulement deux oreillettes pour les veines du corps et celles des poumons, comme les Reptiles écailleux, mais encore deux ventricules, l'un pulmonaire et l'autre aortique.

Passons maintenant aux détails de la circulation.

I. Poissons.

Chez ces animaux, le cœur reçoit tout le sang des veines du corps par une oreillette simple ; le ventricule chasse le sang veineux dans le tronc artérieux, qui est muni d'un

(1) Windischmann, *De penitiori auris structura in amphibiis*. Bonn, 1831.

bulbe contractile ; ce tronc vasculaire se partage tout entier en autant de branchies qu'il y a d'arcs branchiaux de chaque côté, savoir, quatre chez les Poissons osseux, cinq chez les Raies et Squales, et sept chez les Cyclostomes. Dans la Lamproie, le tronc artérieux se divise, suivant Rathke, en deux branches principales, qui reçoivent le *bronchus* entre elles, et se ramifient ensuite dans les branchies. Chez l'Esturgeon, il y a quatre branches, et une petite antérieure pour la demi ou fausse branchie située au côté interne de l'opercule. Les artères branchiales pénètrent, chez les Poissons osseux, à l'extrémité inférieure des arcs branchiaux, sur la convexité desquels elles suivent un sillon, jusqu'à l'extrémité supérieure, en s'amincissant peu à peu. Dans ce trajet, chaque artère branchiale donne autant de branches qu'il y a de feuillets branchiaux ; ces branches se bifurquent deux fois, et envoient des vaisseaux capillaires transversaux aux lamelles branchiales, d'où les veines naissent de la même manière, mais en suivant le côté opposé. Les veines des feuillets branchiaux s'abouchent dans le tronc de la veine branchiale, qui marche plus profondément dans le même sillon de l'arc branchial que l'artère, et commence par être plus grêle à l'extrémité supérieure de cet arc. De cette manière, les veines branchiales parviennent, vers le dos, au dessous du commencement de la colonne vertébrale, et forment par leur réunion le tronc de l'aorte ; cependant elles donnent encore, avant de se réunir ainsi, des artères qui se rendent à la tête, et sont des branches de la première veine branchiale de chaque côté, plus, de chaque côté aussi, une artère pour le cœur et les parties situées au dessous de l'appareil branchial. L'artère de la tête et l'aorte distribuent le sang artériel dans tout le corps, à l'exception des branchies. Le sang veineux revient à l'oreillette dans un sinus veineux. Chez l'Esturgeon partent, des extrémités supérieures et épaisses des veines branchiales, les vaisseaux de la partie supérieure de la tête ; mais de plus les extrémités inférieures plus grêles ou les origines des veines branchiales donnent des branches destinées aux parties inférieures de la tête, notamment à l'appareil branchial. De même, chez les Cyclostomes, les artères et les veines branchiales se

divisent, aux sacs branchiaux, en un grand nombre de rameaux, qui parcourent les plis de ces sacs, et qui ont entre eux des réseaux capillaires. Dans les Syngnathes, où les lamelles branchiales représentent des espèces de petites plumes, qui partent de chaque côté des arcs branchiaux sous la forme de feuillets, on doit s'attendre à un autre mode de distribution. Les vaisseaux se distribuent d'une manière toute spéciale dans les appendices branchiaux de l'Hétérobranche, découvert par Geoffroy Saint-Hilaire. Chez ce Poisson, outre les branchies ordinaires, il y a de chaque côté deux plaques accessoires, qui forment des arbres creux. A la surface extérieure de ces arbres se ramifient les branches des artères branchiales. Les dernières ramifications de celles-ci s'ouvrent dans les branches des arbres mêmes, sur lesquels elles se répandent, et l'injection suinte à travers leur ouverture au moyen d'une multitude de villosités. Les troncs des arbres eux-mêmes s'ouvrent dans les racines de l'aorte, là où elles sortent des branchies. Enfin, je dois dire que plusieurs Poissons, comme les Raies et les Squales, ont aussi, pendant la vie fœtale, des branchies extérieures filiformes, qui, d'après Rathke, sont des prolongemens filamenteux des lames branchiales internes. Il est curieux que cette disposition se répète chez un Poisson osseux : or, d'après les observations de Rathke, l'embryon de l'Espadon possède aussi des branchies extérieures filiformes, presque semblables à celles qu'on voit chez les Reptiles nus.

II. Reptiles nus.

1° Immédiatement auprès des Poissons se trouvent les Protéides, qui ont des branchies extérieures.

Dans le *Proteus anguinus*, d'après les belles recherches de Rusconi et de Configliachi, le tronc artérieux du ventricule, qui est simple, se partage en deux artères branchiales de chaque côté, dont la seconde envoie une branche à la troisième branchie. Les artères branchiales aboutissent au réseau capillaire des branchies ; les veines branchiales se réunissent, de chaque côté, en un tronc à la face inférieure de la colonne vertébrale, et ces troncs, qui fournissent en devant les artères de la tête, se réunissent en bas pour produire l'aorte. Mais tout le sang ne parvient pas du tronc ar-

térieux dans l'aorte par l'intermédiaire de la circulation branchiale, comme chez les Poissons : les branches de ce tronc qui ont fourni les artères branchiales envoient aussi des rameaux de communication aux racines de l'aorte. Le tronc artérieux est donc déjà ici tronc des artères branchiales et des arcs de l'aorte ; en conséquence, il est évidemment la même partie que le tronc artérieux des Poissons, et il a même encore un bulbe très-fort, comme chez ces animaux. L'appareil branchial se compose d'une pièce basilaire, d'un double suspensoire antérieur, et de trois arcs branchiaux de chaque côté. Les artères pulmonaires sont des branches du système artériel, et les veines pulmonaires des branches du système veineux.

Dans la Sirène lacertine, le tronc artérieux, au dire de Cuvier (1), se ramifie en entier dans les branchies, et les veines branchiales forment l'aorte. Les figures de Rusconi (2) représentent aussi les artères pulmonaires comme des branches du tronc artérieux. Il est probable qu'entre ce tronc, ou les artères branchiales, et l'aorte, existent des communications directes, semblables à celles qu'on trouve dans le Protée.

2° Les belles recherches de Rusconi (3) nous apprennent que, chez les larves de Salamandres, la distribution du tronc artérieux dans les branchies, la réunion des veines branchiales en aorte, et la communication des artères branchiales avec les racines de l'aorte sont les mêmes : seulement il y a de chaque côté trois branches du tronc artérieux. L'artère pulmonaire naît, de chaque côté, de la quatrième branche de communication entre les artères branchiales et les racines de l'aorte. Ainsi, de même que chez les Protéides, le sang passe du tronc artérieux en partie dans l'aorte par les arcs aortiques, en partie dans les branchies, et, par les veines branchiales, dans l'aorte. Cette disposition explique comment il se peut qu'à l'époque où les branchies périssent et où l'animal subit sa métamorphose, sa circulation se réduise entièrement aux arcs de communi-

(1) Recherches sur les amphibies douteux, p. 21.

(2) Amours des Salamandres, Pl. V, fig. 8.

(3) *Descrizione anatomica degli organi della circolazione delle larve delle Salamandre aquatiche.* Pavie, 1817.

cation entre les branches du tronc artérieux et l'aorte. Ces communications deviennent des arcs aortiques, dont la Salamandre adulte présente trois de chaque côté. L'artère pulmonaire est alors, de chaque côté, une branche du tronc artérieux. Celui-ci n'a point encore de bulbe distinct.

3° Chez les Batraciens, la circulation des têtards est absolument la même ; mais ces animaux n'ont de branchies extérieures qu'à l'état de fœtus et pendant les premiers temps de leur vie comme têtards, et ces branchies elles-mêmes se composent uniquement de lamelles simples, et d'anses simples aussi, de courans, artériels d'un côté, veineux de l'autre, sans ramifications (1). Plus tard, les têtards n'ont que des branchies internes, avec un trou branchial d'un côté, et, après la métamorphose, il ne reste que deux arcs aortiques, un de chaque côté, qui fournissent les artères pulmonaires et les artères pour les parties supérieures du corps ; les veines pulmonaires sont alors des branches des veines du corps ; elles versent leur sang dans les troncs des veines caves. Quant à ce qui concerne la métamorphose de l'appareil branchial pendant la transformation, Cuvier (2) a fait voir, sur la *Rana paradoxa*, qu'il se réduit à ne plus constituer ensuite que l'appareil hyoïdien.

D'après Huschke (3), dans la Grenouille, les quatre arcs branchiaux présentent des artères et des veines branchiales dirigées en sens inverse, comme chez les Poissons, et celles-ci, chemin faisant, donnent et reçoivent les vaisseaux des pinceaux branchiaux. Ce n'est qu'au commencement de chaque arc branchial que Huschke a vu une courte anastomose entre l'artère et la veine. Pendant la métamorphose, le vaisseau branchial artériel du premier arc devient la carotide ; les troncs anastomotiques du second arc, dont l'anastomose s'est développée, produisent l'arc aortique de chaque côté ; les vaisseaux artériels du troisième et du quatrième arcs se réunissent ensemble suivant Huschke, et forment le tronc qui four-

(1) Muller, *De gland. penit. struct.*, P. X, fig. 7. Cette figure est prise de l'embryon du Crapaud accoucheur.

(2) Recherches sur les ossemens fossiles, t. V, p. 2.

(3) *Zeitschrift fuer Physiologie*, t. IV, p. 115.

nit l'artère pulmonaire, mais que j'ai vu aussi donner en haut un vaisseau qui va gagner le derrière de la tête. Huschke dit que les fibrilles des branchies se resserrent sur un point de l'étendue de la carotide, et que comme le système capillaire branchial reste, il naît de là la glande carotidienne des Grenouilles, consistant en un réseau de vaisseaux afférens et efférens, de manière que la carotide se résout en système capillaire de la glande, duquel elle renaît ensuite. Cependant je me suis convaincu que la cavité de la carotide se prolonge, dans l'intérieur du petit nœud, par un tissu spongieux qui forme les parois de la glande, comme on peut très-bien le voir en disséquant celle-ci sous le microscope, quoique sa surface, quand elle a été injectée avec soin, offre aussi les attaches décrites par Huschke.

On admet généralement que l'aorte se partage, au devant du cœur, en deux troncs, qui fournissent à un certain endroit les carotides et les artères pulmonaires, et qui ensuite représentent les arcs aortiques, dont la réunion s'effectue au ventre. Mais j'ai trouvé que si, avant de se diviser, les troncs figurent une aorte impaire, ce n'est là qu'une pure apparence, tenant à ce qu'il y a en réalité trois artères soudées ensemble, de sorte que chaque tronc latéral est partagé en trois compartimens par des cloisons membraneuses simples. De ces trois artères soudées ensemble, la moyenne se continue avec l'arc aortique postérieur; l'antérieure donne à la glande carotidienne l'artère de la langue et du larynx, qui paraît faire corps avec cette glande, et qui la traverse pour devenir l'artère céphalique; l'inférieure ou postérieure devient l'artère pulmonaire et un vaisseau qui se distribue à l'occiput. Ainsi l'anomalie consistant en ce que, des arcs vasculaires de la Grenouille, il n'existe plus que les arcs aortiques après la métamorphose, tandis que ceux de la Salamandre persistent complétement, disparaît en partie; car les trois vaisseaux soudés ensemble sont évidemment les troncs vasculaires des arcs branchiaux.

4° Nous ne connaissons point encore la transformation des vaisseaux, ni la métamorphose en général, dans les Cécilies, non plus que dans les *Amphiuma*. Nous savons seulement que, chez les Dérotrémates, comprenant les *Amphiuma*

et les Ménopomes, il y a des trous et des arcs branchiaux, qui persistent pendant toute la vie, sans branchies proprement dites. Cuvier (1) a fait voir que, chez les *Amphiuma*, l'aorte forme de chaque côté une arcade simple à chacun de ces arcs, que les arcades se réunissent en arrière pour produire l'aorte abdominale, et qu'elles fournissent les vaisseaux des parties supérieures du corps. J'ai reconnu que, pendant leur jeunesse, les Cécilies ont, de chaque côté, un trou branchial et des franges branchiales internes; plus tard, leur hyoïde forme encore de chaque côté quatre arcs, ou trois avec des suspensoires antérieurs; mais le tronc artériel des Cécilies adultes, au lieu de se partager en arcades à la hauteur des arcs, donne une artère pour les parties supérieures, tandis que le tronc devient arc aortique.

5° Du reste, un tronc artérieux existe chez tous les Reptiles nus. Dans plusieurs d'entre eux, ce tronc présente un renflement bulbaire, comme chez les Poissons; et dans les Grenouilles encore, avant de se partager en arcs aortiques, il est contractile, comme Wedemeyer et plusieurs autres observateurs l'ont constaté sur la tranche du commencement de l'aorte. On aurait tort de conclure de là que les artères possèdent la contractilité musculaire; car le commencement du tronc artérieux des Grenouilles correspond au bulbe artériel des Poissons.

III. Reptiles écailleux.

Dans tous les Reptiles nus, le cœur n'est qu'un ventricule muni d'une oreillette. Chez tous ceux qui ont le corps couvert d'écailles, le ventricule est simple; mais il a deux oreillettes, l'une à droite, pour recevoir le sang des veines du corps, l'autre à gauche, pour le sang des veines pulmonaires; le ventricule présente lui-même dans son intérieur des divisions incomplètes, savoir, chez les Chéloniens et les Crocodiles trois, et chez les Ophidiens deux cavités communiquant ensemble, d'où les artères pulmonaires et les artères du corps tirent leur origine.

6° Chez les Sauriens proprement dits, les artères du corps

(1) Annales du Muséum, t. XIV.

et les artères pulmonaires sont encore unies par un tronc artérieux. Ces animaux, que je sépare des Crocodiles, se rapprochent donc des Reptiles nus à l'égard de leur système vasculaire. Chez eux, le tronc artérieux donne de chaque côté deux arcs aortiques et une artère pulmonaire. Les deux internes des quatre arcs aortiques fournissent les carotides. Les deux arcs de chaque côté forment en arrière un tronc descendant, qui, avec celui du côté opposé, produit l'aorte abdominale. Les deux troncs radicaux postérieurs de cette dernière donnent les vaisseaux des extrémités antérieures. Le commencement des deux artères pulmonaires paraît être simple dans une étendue très-peu considérable. Cette description a été tracée d'après une injection faite sur le *Lacerta ocellata*. Les Iguanes, au contraire, semblent se rapprocher des Crocodiles par la distribution de leurs vaisseaux. Dans les Orvets, qui, d'après mes recherches anatomiques, appartiennent, avec les Pseudopes, les Bipèdes, les Ophisaures et les Acontias, à l'ordre des Sauriens et non à celui des Ophidiens, et constituent une famille que je désigne sous le nom de *Lacertæ anguinæ,* le tronc artérieux se partage en artères pulmonaires et en quatre arcs aortiques, absolument comme chez les Sauriens, à l'exception toutefois que les vaisseaux des extrémités manquent, puisqu'il n'y a point de membres. L'hyoïde des Sauriens aussi présente encore plusieurs cornes arquées, qui rappellent les arcs branchiaux ; mais ces arcs sont déjà fort éloignés des arcs de l'aorte.

7° Dans les Crocodiles, il n'y a, suivant Cuvier, que deux arcs aortiques, et un tronc de l'artère pulmonaire, qui sont unis en une seule masse dans une étendue peu considérable. L'arc aortique droit donne les deux artères innominées ; le gauche se distribue presque en entier dans les viscères abdominaux, mais s'anastomose par une branche avec l'aorte droite : celle-ci se continue comme tronc principal (*).

8° Dans les Chéloniens, il sort du ventricule le tronc des artères pulmonaires et celui des artères du corps, qui se

(*) Consultez un mémoire de Bischoff, sur le cœur du Crocodile, dans Muller, *Archiv fuer Anatomie*, 1836, p. 1, pl. I, fig. 1-4.

divise sur-le-champ en deux arcs aortiques et en deux artères innominées; l'arc gauche donne les artères viscérales, et se réunit avec celui du côté droit pour produire l'aorte abdominale. Les artères pulmonaires et les arcs aortiques communiquent ensemble par d'étroits conduits artériels.

9° Dans les Ophidiens, enfin, il y a, d'après les recherches de Cuvier et de Schlemm, ainsi que d'après les miennes, outre le tronc des artères pulmonaires, un arc aortique droit et un autre gauche, dont le premier fournit les artères des parties antérieures du corps.

IV. Chez les Oiseaux, il y a, pendant la vie embryonnaire, d'abord trois arcs aortiques au moins de chaque côté, dont les supérieurs fournissent de chaque côté l'artère innominée, tandis que les inférieurs donnent l'artère pulmonaire. Durant la plus grande partie de la vie fœtale persistent et les arcs qui fournissent les artères pulmonaires, et ce qui doit être plus tard l'arc aortique; par conséquent à droite deux arcs aortiques, et à gauche un seul, jusqu'à ce qu'après l'éclosion les conduits artériels s'établissent, et il reste l'arc aortique simple, avec les artères innominées, devenues indépendantes, qui sortent d'un tronc commun.

V. Chez les Mammifères, il existe aussi, pendant les premiers temps de la vie fœtale, plusieurs arcs aortiques de chaque côté, qui se réunissent pour produire l'aorte descendante. Deux seulement de ces arcs persistent pendant la plus grande partie de la vie embryonnaire; l'un qui vient du ventricule droit et donne l'artère pulmonaire, l'autre qui émane du ventricule gauche et fournit les vaisseaux des parties supérieures du corps. De ces deux arcs, qui se réunissent en aorte descendante, il ne reste plus après la naissance que la crosse de l'aorte ou l'arc aortique du ventricule gauche, attendu que le canal artériel, qui fait communiquer ensemble l'artère pulmonaire et l'aorte, devient ligamenteux, et que l'artère pulmonaire s'élève à l'indépendance. L'homme ressemble en cela aux Mammifères.

De cet exposé, il résulte indubitablement que la métamorphose du système vasculaire repose, chez tous les animaux vertébrés, sur un type primordial très-simple et partout le même;

il y a, chez ces animaux, soit pendant toute leur vie, soit d'abord pendant la vie embryonnaire, un tronc artérieux, qui mène à l'aorte abdominale par des arcs aortiques ; l'état du système vasculaire chez les individus adultes des vertébrés supérieurs, tient à une réduction plus ou moins grande de ces arcs, qui, au contraire, chez les vertébrés respirant par des branchies, se développent, soit en entier, comme chez les Poissons, soit seulement en partie, comme chez les Reptiles, en artères et en veines branchiales, avec le système capillaire des branchies.

Chez l'homme, les Mammifères et les Oiseaux, les deux cœurs sont tout-à-fait indépendans après la naissance. L'oreillette droite reçoit le sang des veines du corps, et le fait passer au ventricule droit ou pulmonaire, qui le chasse dans le système capillaire des poumons, d'où il revient dans l'oreillette gauche. Le ventricule gauche le reçoit de cette oreillette, et le pousse dans le système capillaire du corps, d'où il revient, par les veines du corps, dans le cœur droit. Le système capillaire des poumons ou de la petite circulation est indépendant de celui du corps ou de la grande circulation; tout le sang devient vermeil dans le premier, et noir dans le second. Nulle goutte de ce liquide n'arrive dans la grande circulation avant d'avoir passé par la petite, ce qui explique surtout l'excitation fébrile qu'on observe dans toutes les maladies où les vaisseaux capillaires des poumons sont détruits ou bouchés, de sorte que la carrière du sang se trouve raccourcie. Comme les vaisseaux capillaires du corps forment un réseau continu, qui reçoit du sang d'une innombrable quantité d'artères, tous les organes auxquels ce liquide arrive de la grande circulation sont en conflit les uns avec les autres par les réseaux capillaires, et une artère peut fréquemment en suppléer une autre. Le système capillaire de la petite circulation se trouve seul exclus de là; cependant il n'y a point isolation complète entre lui et celui de la grande circulation ; car la grande circulation entre dans la petite par le moyen des artères bronchiques, qui s'anastomosent avec des branches des artères pulmonaires, circonstance qui doit surtout contribuer à ce que la circulation puisse se maintenir long-temps

encore, alors même que les poumons ont subi une grande perte de substance et que l'artère pulmonaire s'est fortement rétrécie.

§ 697. De même que la petite circulation des Reptiles pourvus de branchies débute par n'être qu'un simple appendice des artères, et retourne aux artères, de même aussi la circulation de la veine porte n'est qu'un appendice des veines, un détour qu'une partie du sang veineux fait avant de se réunir au reste de ce dernier. Cette circulation de la veine porte ressemble encore davantage à la circulation branchiale des Moules, parmi les Mollusques acéphales, animaux chez lesquels une partie du sang des veines du corps revient immédiatement au cœur, tandis qu'une autre fait un détour pour traverser le système capillaire des branchies.

Il y a, chez les animaux vertébrés, deux systèmes de veines portes, celui du foie et celui des reins. L'homme, les Mammifères et les Oiseaux n'ont que le premier.

I. Système de la veine porte hépatique.

1° Chez l'homme et les Mammifères, les veines de l'estomac, du canal intestinal, de la rate, du pancréas, du mésentère et de la vésicule biliaire forment la veine porte, qui se distribue dans le foie à la manière d'une artère.

2° Chez les Oiseaux, outre ces veines, il s'y en joint encore d'autres venant des parties inférieures; en effet, le sang des pattes, de la queue et du bassin se porte en partie à la veine cave inférieure, en partie à la veine porte, comme l'a fait voir Nicolai.

3° Chez les Reptiles, le tronc de la veine porte reçoit aussi des veines des membres inférieurs et des tégumens du bassin. D'après les recherches de Jacobson (1), les deux veines principales qui, chez ces animaux, ramènent le sang de la partie postérieure du corps, sont la veine abdominale antérieure et la veine rénale inférieure. Elles naissent du concours des veines des extrémités inférieures, des veines cutanées, et des veines des muscles abdominaux et de la vessie urinaire. La veine rénale inférieure se rend au rein, dans lequel elle se

(1) Meckel, *Deutsches Archiv*, 1817, p. 147.

distribue d'une manière analogue à celle de la veine porte. La veine abdominale antérieure verse son sang dans la veine porte hépatique. Chez la plupart des Reptiles, la veine porte hépatique (abdominale antérieure) et la veine porte rénale (rénale inférieure) naissent en commun des extrémités inférieures. Dans les Ophidiens, au contraire, il n'y a point de connexion entre la veine abdominale antérieure et la rénale inférieure, attendu que les veines rénales inférieures naissent de la caudale, et la veine abdominale des tégumens du ventre seulement. Bojanus appelle veine ombilicale l'abdominale antérieure (1). Chez les Chéloniens, d'après les recherches de Nicolai, la veine porte reçoit aussi le sang des extrémités postérieures, de la paroi postérieure du ventre, et même en partie des membres antérieurs; il existe deux veines ombilicales.

4° Le système de la veine porte des Poissons a été étudié par Rathke. La veine porte de ces animaux reçoit le sang des veines de l'estomac, du canal intestinal, de la rate, et chez plusieurs d'entre eux aussi, des parties génitales et de la vessie natatoire (2). Suivant Nicolai, le sang de la queue se porte au foie, dans le *Silurus glanis*, au foie et aux reins dans la Carpe, le Brochet et le Bars (3).

5° Les veines qui ramènent le sang du foie, ou les veines hépatiques, le portent du système capillaire du foie à la veine cave inférieure. La circulation de la veine porte est donc un détour qu'une partie du sang veineux fait à travers le système capillaire du foie. On voit naître ce détour chez l'embryon à mesure que le foie se développe de l'utricule intestinal simple, comme le montrent les belles observations de Baer. Le sang de la veine omphalo-mésentérique passe d'abord immédiatement dans la veine cave, c'est-à-dire que cette veine commence par être elle-même un tronc veineux principal. A mesure que la substance du foie naît de la paroi intestinale, il pousse aussi de la veine omphalo-mésentérique des anses capillaires qui conduisent une partie du sang à la veine cave inférieure par un détour.

(1) *Anat. testud. europ.*, Pl. XXV.
(2) Meckel, *Archiv*, 1826, p. 126.
(3) *Isis*, 1826, p. 404.

6° Comme les artères bronchiques sont un empiétement de la grande circulation sur le système capillaire de la petite, de même aussi les artères hépatiques empiètent de la grande circulation sur le système capillaire de la petite circulation de la veine porte, et le réseau capillaire du foie communique simultanément avec des artères, des veines afférentes et des veines efférentes.

II. Système de la veine porte rénale.

Ce système, découvert par Jacobson, et dont l'existence a été constatée par Nicolai (1), fut attribué d'abord, par le premier de ces anatomistes, aux Oiseaux, aux Reptiles et aux Poissons; mais Nicolai a fait voir qu'il n'appartient point aux Oiseaux, que les Reptiles et les Poissons seuls le possèdent. Chez les Oiseaux, le sang des extrémités inférieures, de la queue et de la partie moyenne du corps se rend en partie à la veine cave, en partie à la veine porte hépatique, et les vaisseaux que l'on a appelés *venæ renales advehentes Jacobsonii,* doivent être considérés, d'après les recherches de Nicolai, comme des veines efférentes. Mais il y a des veines rénales afférentes chez les Reptiles. En effet, dans ces animaux, le sang des extrémités postérieures, de la queue et des tégumens du ventre se porte à la veine porte du foie et aux veines portes des reins; chez quelques uns d'entre eux, il ne va qu'à ces viscères, tandis que chez d'autres il se rend en même temps à la veine cave. Dans les premiers, la veine cave inférieure ne reçoit le sang que des veines hépatiques et des veines rénales efférentes; chez les autres, elle le tient en partie de ces veines, et en partie immédiatement des veines des organes postérieurs. Chez le Crocodile, il n'y a qu'une petite portion du sang de la veine caudale et de la veine crurale qui aille aux reins par la veine cave afférente; la plus grande partie de celui des veines caudale et crurale, des viscères du bassin et du ventre, va gagner le foie et la veine porte par la veine ombilicale ou abdominale antérieure. La veine cave reçoit le sang des reins par les veines caves efférentes; il lui en vient aussi par la veine caudale et par les veines des testicules et des ovaires.

(1) *Isis*, 1826, p. 404.

Chez les Tortues, d'après les observations de Nicolai[1], le sang de la queue, de la partie moyenne du test et des tégumens du ventre, ainsi que des viscères pelviens, se porte aux reins; celui des membres postérieurs et de la paroi postérieure du ventre, et une partie du sang des membres antérieurs se portent au foie, c'est-à-dire à chacune des deux moitiés de cet organe, parce qu'il y a ici deux veines ombilicales. Dans les Grenouilles, une partie du sang de la veine crurale et tout celui de la veine sciatique, de la paroi latérale du ventre et du dos vont aux reins par la veine rénale afférente. La plus grande partie du sang de la veine crurale se rend à la veine ombilicale simple, qui reçoit tout celui de la paroi antérieure du ventre, et le mène à la veine porte du foie, en outre des veines abdominales postérieures dont j'ai déjà fait mention.

Chez les Poissons, on rencontre plusieurs différences, que Nicolai a signalées. En effet, tantôt le sang seul de la queue et de la partie moyenne du ventre va aux reins, comme dans le *Gadus;* tantôt celui des parties postérieures gagne les reins et le foie, comme dans le *Silurus glanis;* quelquefois il se rend aux reins, au foie et à la veine cave, comme dans la Carpe, le Brochet et le Bars. Le sang des testicules, des ovaires, de la vessie natatoire et des reins se porte à la veine cave, excepté dans le *Silurus glanis*, où celui des testicules aboutit au rameau hépatique de la veine caudale.

II. Carrière, en général, que le sang parcourt.

§ 698. Le *vaisseau* est la délimitation spéciale du suc vital constituant un liquide à part et distinct de toutes les autres humeurs, c'est-à-dire du sang. Il trace la carrière que parcourt ce liquide, et marque la direction suivie par lui. On peut le considérer comme l'expression du sang dans l'espace, car il a été formé par son courant, et ne fait qu'un avec lui.

1° Il résulte déjà de là que la partie la plus essentielle du vaisseau doit être en contact immédiat avec le sang, et constituer la couche la plus interne de sa paroi. Cette membrane interne (*membrana vasorum communis*, *endangium*) s'étend sans interruption dans le cœur, les artères, les vaisseaux capillaires et les veines. C'est un tissu élémentaire, de nature

spéciale, et on ne peut la rapporter à aucune classe de membranes. Suivant Meckel, les membranes séreuses sont celles avec lesquelles elle a encore le plus d'analogie, en raison de sa structure, de ses propriétés vitales et de sa tendance à l'adhérence, à l'inflammation, à l'ossification. Elle me paraît se rapprocher bien plutôt de l'épiderme, attendu qu'elle sépare le sang du reste de l'organisme, comme l'épiderme sépare le corps entier du monde extérieur, et que ses propriétés essentielles ressemblent beaucoup à celles de ce dernier. En effet, c'est un coagulum uniforme, mince, transparent, blanchâtre, sans rien de particulier dans sa structure, et au microscope on n'y distingue ni globules, ni fibres, ni interstices ou pores (1). A la vérité, Geri prétend y avoir aperçu des fibres longitudinales (2), après l'avoir fait macérer, puis sécher; mais un tel phénomène présenté par un corps en putréfaction ne peut point être allégué comme preuve de l'existence de fibres organiques. La membrane vasculaire interne n'a ni vaisseaux ni nerfs. Ribes dit bien y avoir vu des vaisseaux sanguins dans les inflammations; mais tout porte à croire qu'il s'agissait seulement là des vaisseaux de la membrane fibreuse perçant à travers son tissu transparent. Elle est fragile, ce qui fait qu'elle se déchire quand on serre fortement un fil mince autour des vaisseaux; mais elle guérit facilement, et se reproduit de nouveau (3). Quelquefois il s'y développe des ossifications, qui sont pour ainsi dire le reflet d'un système osseux extérieur déposé à l'épiderme. Ce phénomène est normal chez plusieurs Ruminans et Pachydermes, anormal dans l'espèce humaine (§ 588, 2°). Enfin elle pourrit plus tard que d'autres parties, ne donne point de gélatine par la coction, et brûle en répandant une odeur de corne. L'affinité entre elle et l'épiderme, qui ressort de toutes ces propriétés, avait déjà été reconnue par Bichat. Mais on prend à tâche aujourd'hui de ramener la confusion qui régnait jadis dans l'anatomie, en écartant les idées claires et nettement tranchées que cet ingénieux observateur

(1) Weber, *Anatomie des Menschen*, t. I, p. 248.

(2) Froriep, *Notizen*, t. IV, p. 166.

(3) Weber, *loc. cit.*, p. 252.

avait établies, et ne conservant que des noms qui n'expriment rien. Ainsi la membrane interne des vaisseaux a été mise au nombre des muqueuses par Gorgone (1) et des séreuses par Letierce (2), parce qu'on la trouve humide dans les vaisseaux vides des cadavres. Mais cette humidité est incontestablement du sérum laissé par le sang ou provenant de la transsudation (§ 634, 10°), et elle ne doit point naissance à une sécrétion, puisque la membrane n'a pas de vaisseaux sanguins, que les vaisseaux vides de sang ne tardent point à s'oblitérer par adhérence, et qu'on ne saurait songer à une exhalation quelconque dans une cavité remplie par un liquide.

Lorsque le sang entre en conflit immédiat avec les organes, dans les vaisseaux les plus déliés qu'admet la substance de ces derniers, il n'est recouvert que de cette seule membrane vasculaire commune. Quand, au contraire, le courant sanguin est plus indépendant, dans les vaisseaux volumineux et libres, à cette membrane s'en ajoutent d'autres.

2° D'abord il se dépose à sa surface une couche qui, comme partie vivante du vaisseau, contient des vaisseaux sanguins nourriciers, des nerfs et des fibres plus ou moins aptes à se mouvoir, ce qui fait aussi qu'on la désigne sous le nom de membrane fibreuse.

3° Mais à l'extérieur il se produit une enveloppe qui sert à protéger, consolider et unir le vaisseau. Cette enveloppe a la la forme ou d'une gaîne celluleuse, ou d'une membrane séreuse. Quelquefois elle est remplacée par d'autres parties, notamment par des membranes fibreuses comme aux troncs veineux du cerveau, ou par du cartilage, comme à l'aorte de l'Esturgeon.

Après ces considérations générales sur la carrière du sang, nous avons à nous occuper de ses diverses parties (§ 699-704).

A. *Artères.*

§ 699. I. Après la mort, on trouve les *artères* vides et contenant de l'air. Aussi Praxagoras, qui le premier les distin-

(1) Bulletin des sc. médic., t. XVIII, p. 331.
(2) *Ibid.*, t. XX, p. 2.

gua des veines, considérait-il l'état de vacuité comme étant leur condition normale. Il croyait que l'air passe dans les artères par les poumons, et il expliquait l'hémorrhagie qu'on observe quand elles viennent à être ouvertes sur le vivant, en supposant que, lorsqu'elles éprouvent une lésion quelconque, elles attirent, par une action contraire à la marche ordinaire des choses, le sang de toutes les parties du corps. Cette opinion s'accrédita; elle subit seulement quelques modifications quand Hérophile eut enseigné que les artères elles-mêmes contiennent du sang. On admit, en effet, la doctrine qui fut professée surtout par Nemesius, que les artères recèlent un sang spiritueux, et conduisent ainsi aux organes un esprit vivifiant, pour la nourriture duquel elles attirent, pendant leur diastole, le sang des veines les plus voisines, tandis que, durant leur systole, elles font transsuder tout ce qu'elles contiennent d'impur à travers leurs pores. De cette manière, les veines demeuraient toujours le siége proprement dit du sang, qui éprouvait une fluctuation dans leur intérieur. Quoique cette doctrine eût été attaquée de divers côtés après la renaissance des lettres, ce fut cependant Harvey qui le premier démontra d'une manière positive et complète que le sang coule sans cesse avec uniformité. Après bien des résistances, il parvint à faire pénétrer cette vérité dans la conviction de ses contemporains. Les vues exposées par ce grand homme étaient depuis long-temps adoptées par tout le monde, lorsque, vers la fin du dix-huitième siècle, Rosa s'éleva contre elles, en prétendant que, puisqu'on trouve dans le cadavre beaucoup moins de sang qu'il n'en faudrait pour remplir le système vasculaire entier (§ 692), les artères ne contiennent qu'une petite quantité de ce liquide, dans un état de grande atténuation, mais qu'elles sont remplies d'une combinaison vaporeuse de l'air atmosphérique introduit par les poumons avec la partie la plus subtile et la plus volatile de la matière animale; il ajoutait que les veines seules représentent le système sanguin et la vie plastique, que les artères servent à la vie animale, enfin que le seul cas où il arrive au sang de refluer dans les veines est celui où, ayant été poussé de vive force dans les artères, il cherche à s'en échapper le plus

promptement possible (1). Notre siècle lui-même a vu renaître une opinion qui s'était formée pendant l'enfance de la physiologie ; Kerr (2) a nié la circulation du sang ; il a prétendu que les artères contiennent un esprit aériforme vivifiant, avec très-peu de sang nourricier, tandis que les veines renferment du sang destiné à la nutrition, avec un peu d'esprit vital pour produire la vie et la chaleur. Toutes ces assertions sont suffisamment réfutées par des faits très-simples ;

1° Dans les vivisections, on voit le sang couler du cœur dans les artères.

2° Partout où les artères sont transparentes, on les aperçoit pleines de sang.

3° Toute plaie faite à une artère quelconque entraîne une hémorrhagie, dans laquelle le sang vient du côté du cœur.

4° Les artères des cadavres contiennent du sang dans certaines circonstances, par exemple, d'après Moscati (3), lorsque la mort a été causée par l'asphyxie, l'électricité, les poisons narcotiques, la peste, le scorbut, etc.

II. Le sang coule, dans les artères, des troncs vers les branches.

5° On peut s'en convaincre par le témoignage de ses yeux sur ceux de ces vaisseaux qui sont transparens.

6° Quand on coupe une artère en travers, le courant principal du sang vient du cœur, et les branches ne donnent point de liquide, si ce n'est par reflux.

7° Une artère qu'on lie, ou que l'on comprime, se vide au dessous de l'obstacle ; elle ne bat plus, et ne donne plus de sang quand on la blesse, à moins que ce liquide n'y soit amené par des anastomoses.

8° Enfin, le courant du sang ne pourrait suivre une autre direction, puisque les valvules placées à la base de l'aorte lui permettent bien de couler dans les artères, mais lui interdisent de rentrer dans le cœur.

§ 700. Si l'existence du sang dans les artères elles-mêmes

(1) *Giornale per servire alla storia raggionata della mediana di questo secolo*, t. I, p. 148.

(2) *Observations on the harveian doctrine*, p. 151.

(3) Rosa, *loc. cit.*, t. I, p. 225.

a été niée de nos jours encore, pour ainsi dire, on ne saurait être surpris de la dissidence des opinions accréditées parmi nos contemporains au sujet de la manière dont ces vaisseaux se terminent à leurs extrémités, sur lesquelles nos moyens d'observation ont si peu de prise. Les hommes éprouvent un plaisir tout particulier à nier l'évidence et à combattre ce que le sens commun admet ; ils se procurent ainsi les jouissances qui accompagnent l'idée de posséder des connaissances supérieures à celles des esprits vulgaires, et d'ailleurs la vie semble perdre de son éclat idéal, quand on réduit à un simple mécanisme une partie de ses manifestations aussi essentielle que la circulation du sang. Cependant il appartient aux sens de prononcer en dernier ressort sur tout ce qui se rattache à l'espace, et l'explication qui leur paraît mériter la préférence est la plus simple qui puisse se trouver, celle qui a pour elle l'analogie des phénomènes connus de la nature, celle qui s'accorde avec les lois générales de la physique. Car, quelque merveilleuse que soit la vie dans son essence, cependant ses moyens de réalisation sont peu compliqués, et à quelque point qu'elle diffère de l'existence inorganique, elle n'en est pourtant pas séparée par un abîme. Nous avons bien un œil de l'esprit qui voit plus loin que celui du corps ; mais sa destination est uniquement de reculer les bornes au-delà desquelles celui-ci ne peut s'avancer, et quand il prétend saisir des phénomènes en contradiction avec le témoignage de ce dernier, il prête à la nature de petits miracles, qui ont souvent pour effet d'enlever à la vie sa merveilleuse et sublime simplicité, et il mène à des théories mystiques, car c'est précisément une alliance déplorable entre ce qui frappe nos sens et ce dont nos sens ne peuvent être informés, qui constitue le caractère du mysticisme.

Pour passer en revue les diverses opinions relatives au sujet qui nous occupe maintenant, on peut se figurer les extrémités périphériques des artères ou closes (1°) ou ouvertes (2°).

1° Suivant Aristote, les artères sont nerveuses et tendineuses; elles dégénèrent en véritables tendons, et s'unissent avec les os. Si par là on attribuait des extrémités closes à ces vaisseaux, Nemesius enseignait que leur contenu se volatilise à

travers des pores. Mais comme ils renferment encore du sang, qui ne peut point se volatiliser, Fabrice d'Acquapendente attribuait à ce liquide un reflux ou une fluctuation. Les injections sur le cadavre, les infusions et transfusions sur le vivant renversent l'hypothèse des extrémités closes.

2° Si les artères sont ouvertes à leurs extrémités, le sang qui s'en échappe peut ou disparaître dans la substance organique située au dehors d'elles, et se convertir en cette substance (3°), ou persister à l'état de sang, et revenir au cœur par les veines (§ 696).

3° L'opinion que le sang sort des vaisseaux et se métamorphose en parties solides, comptait déjà des partisans parmi les anciens; car, suivant Arétée et Galien, le foie, les reins et autres viscères ne sont qu'une sorte de sang coagulé. Il a été émis, dans ces derniers temps, plusieurs hypothèses qui, bien que fort différentes d'ailleurs les unes des autres, ont cependant cela de commun qu'elles supposent toutes que les veines ne reçoivent point de sang des extrémités des artères, et que celui qu'on trouve dans leur intérieur est un sang de nouvelle formation.

D'après Wilbrand (1), le courant artériel tout entier, sang et vaisseaux, est dans un état continuel de métamorphose; il meurt, dans toutes ses molécules, à la naissance de toutes les parties organiques, et comme chaque partie meurt aussi à tout instant, dans toute sa capacité intérieure et extérieure, de là résulte la naissance du courant veineux; ce mode de naissance n'est point appréciable par les sens, parce que, de sa nature, il est interne; mais on doit l'admettre de toute nécessité à cause de sa conséquence mathématique, puisque chaque partie se présente sous un autre aspect après des périodes déterminées, et que cette aliénation ne saurait être soudaine, saccadée, qu'elle ne peut avoir lieu que dans la continuité d'une ligne géométrique.

Runge (2) a poussé cette idée plus loin encore. Suivant lui, comme naître et périr s'appellent l'un l'autre, il faut que

(1) *Erlæuterung der Lehre vom Kreislaufe*, p. 3, 14.

(1) *Zur Lebens-und Stoffwissenschaft des Thieres*, p. 55, 77.

continuellement le sang se solidifie en organes, et les organes se liquéfient en sang, de manière que leur contenu est expulsé comme chose de même nom qu'eux ou comme excrément; chaque artère est un animal à part, dont la bouche adhère à l'anus de celui qui le précède, reçoit l'excrément de ce dernier, le convertit en sa propre substance, et rejette la portion excrémentitielle dans la bouche du suivant, qui y trouve de quoi fabriquer des produits nouveaux. Ainsi il n'y a point de circulation, et le mouvement apparent du sang n'est qu'une simple fluctuation d'existence et de non-existence.

Schultz (1) prétend seulement que le sang pénètre les tissus de toute sa substance, et que ses globules, tant qu'ils se meuvent, se forment aussi continuellement.

Spitta (2) accorde que les veines reçoivent une partie de leur sang des artères; mais ce n'est, suivant lui, que dans les organes qui admettent beaucoup de sang pour leurs fonctions, ou qui croissent avec rapidité et par conséquent cessent bientôt de croître, ou enfin dans lesquels il ne s'opère qu'un renouvellement lent de matériaux. Et comme les veines sont plus amples que les artères, elles doivent en outre recevoir du sang qui se forme de nouveau sur chaque point du corps animal.

Sachs s'exprime à peu près de même (3); il pense que le passage des artères dans les veines n'est prouvé qu'en partie, et qu'on peut objecter contre, que la quantité du sang contenu dans les veines surpasse celle qu'on trouve dans les artères; il ajoute que ce liquide coule avec trop de vélocité pour qu'il lui soit possible de traverser les vaisseaux capillaires, enfin que la nutrition et la sécrétion ne sauraient s'effectuer si le sang restait dans les vaisseaux.

Ayant à discuter plus tard les objections élevées contre la circulation, nous ne dirons rien ici de celles dont il vient d'être question, afin d'éviter les répétitions. Nous nous bornerons donc à examiner la théorie précédente en elle-même.

(1) *Der Lebensprocess im Blute*, p. 44, 57.

(2) *De sanguinis dignitate in pathologia restituenda*, p. 8-14.

(3) Heusinger, *Zeitschrift fuer die organische Physik*, t. III, p. 171.

1° Quant à ce qui concerne d'abord la manière d'exprimer les idées, tout changement de substance, tout anéantissement d'un corps, n'est à la vérité qu'une métamorphose, dans le sens métaphysique, puisque la matière en elle-même ne peut ni s'anéantir ni devenir une chose absolument autre. Mais la physique a pour objet les qualités diverses des choses; elle entend par métamorphose tout changement de forme dans lequel l'essence reste la même, par conservation ou reproduction tout changement de substance accompagné de persistance de la même forme, enfin par mort et anéantissement tout changement simultané de substance ou de forme. D'après cela, nous ne pouvons pas donner le nom de métamorphose au changement matériel qui s'opère pendant la nutrition et l'hématose; car ici la forme est conservée par le renouvellement des matériaux; mais nous reconnaissons une métamorphose du sang à la périphérie de sa carrière, où, tout en restant le même dans sa substance, il subit une modification dans ses propriétés (§ 752, 3°).

2° La matière organique est assurément dans un état continuel de changement; mais ce changement n'est à chaque moment que partiel; le pigment de la garance se dépose peu à peu et disparaît aussi peu à peu : quand un obstacle s'oppose au versement de la bile dans l'intestin, la conjonctive jaunit peu à peu, puis elle redevient blanche par degrés, aussitôt que le cours de la bile est rétabli; le cristallin brisé en morceaux ne disparaît dans l'humeur aqueuse de l'œil qu'au bout de quelque temps, et l'organisme est obligé de ronger les exostoses ou autres tumeurs pendant des mois entiers, avant d'en triompher. De ce qu'un sapin a aujourd'hui des feuilles toutes différentes de celles qu'il avait dix ans auparavant, ce qui ne l'a point empêché de rester toujours vert, il ne suit pas que de nouvelles feuilles se soient reproduites à chaque instant en lui; car l'observation acquise par les sens nous démontre que ces feuilles sont réellement une chose persistante, mais que, parmi elles, il s'en trouve quelques unes qui tombent et qui sont remplacées par d'autres.

3° Chacun sait qu'une perte de sang n'est réparée qu'au bout de plusieurs jours ou semaines, et qu'il faut pour cela

non seulement des alimens appropriés, mais encore un jeu normal des fonctions assimilatrices. A côté de ces faits constatés par l'expérience, la formation instantanée du sang qu'admet la théorie précédente porte réellement le caractère de miracle. En pratiquant une saignée du pied, nous pouvons voir couler, en peu de minutes, de la veine du gros orteil, plus de sang que cet orteil lui-même ne pèse. Blundell prit un chien dont le poids n'allait point à douze livres, et, dans l'espace de vingt-quatre minutes, lui fit passer douze livres de sang de la carotide dans la veine crurale; les poumons auraient donc formé, pendant ce laps de temps plus de sang que ne pesait l'animal entier, si ce n'avait pas toujours été le même qui arrivait par les artères pulmonaires et retournait par les veines pulmonaires. D'après la théorie que nous examinons, il se produirait plus de sang dans le cerveau et dans l'œil que dans des organes de même volume appartenant à la vie plastique, et comme nous entretenons la circulation, sur des animaux mis à mort, par une respiration artificielle, il faudrait que la formation du nouveau sang fût une opération chimico-mécanique indépendante de la vie totale.

4° Si l'on veut prendre la capacité des vaisseaux pour mesure, on voit apparaître également des résultats tout-à-fait incroyables, comme l'a démontré Oudemann (1). En effet, si la capacité des veines est à celle des artères dans la proportion de 5 : 3, et que la réplétion plus considérable des veines, correspondante à leur excès de capacité, dépende de ce que ces vaisseaux reçoivent du sang de nouvelle formation, il faudrait qu'à chaque circulation la masse du sang augmentât d'un quart environ; ainsi, en supposant qu'il y eût quinze livres de sang dans les veines et neuf dans les artères, il devrait se former à la périphérie, et de là passer dans les veines six livres de nouveau sang à chaque circulation dans l'espace de trois minutes, ce qui donnerait deux mille huit cent quatre livres pour les vingt-quatre heures. Maintenant cet excédant de sang ne peut point suivre la voie simple, c'est-à-dire passer des veines, par le cœur, dans les artères;

(1) *De venarum fabrica et actione*, p. 34.

autrement celles-ci seraient tout aussi remplies que celles-là; mais comme, à l'exception du système de la veine porte, il ne parvient dans aucun autre organe, nous ne pouvons nous dispenser d'admettre qu'il est absorbé par le cœur; or, cet organe restant toujours le même, il devrait se reproduire de sa substance une égale quantité de sang, et nous aurions toujours au bout de vingt-quatres heures un excédant de deux mille huit cent quatre-vingts livres à la disposition de la théorie.

5° Mais cet excédant balance la dépense que les autres organes font pour former de nouveau sang. En effet, si les veines amènent au cœur plus de sang qu'elles n'en ont reçu par les artères, leur vie entière doit être une consommation continuelle, et si elles forment autant de sang que le comporte l'excédant de la masse du sang veineux sur celle du sang artériel, elles doivent être complétement consommées soixante et quinze minutes après le commencement de l'opération. Ainsi la théorie en question ressemble assez bien à celle des peuplades qui croient que la lune meurt dans son dernier quartier et qu'il en renaît une nouvelle au premier quartier.

§ 701. I. Les faits suivans démontrent que les veines reçoivent leur sang uniquement des artères.

1° Il ne naît de veines nulle part ailleurs que là où se terminent des artères.

2° Quand on injecte les artères d'un cadavre, et que leurs ramifications ne sont point obstruées par des caillots ou par un liquide qui ne puisse s'écouler, la masse passe dans les veines.

3° Après la mort on trouve ordinairement les artères vides, et tout le sang réuni dans les veines : il doit donc passer de celles-là dans celles-ci, et l'on peut observer ce passage chez des animaux mourans, par exemple sur le mésentère des Grenouilles.

4° Un animal peut perdre tout son sang par une plaie faite à l'une de ses veines.

5° Après avoir injecté un liquide étranger dans les artères d'un animal vivant, on retrouve ce liquide dans les veines. Ainsi King injecta du lait dans une artère, et le revit dans le

sang veineux (1). Quand Mageudie (2) injectait de l'eau dans l'artère crurale d'un Chien, il coulait par la veine d'abord de l'eau mêlée de sang, puis de l'eau pure. Wedemeyer (3) a vu de l'eau chaude injectée dans l'artère brachiale d'un Cheval, couler par la veine, et le courant devenir plus fort chaque fois qu'il appuyait davantage sur le piston de la seringue. Des centaines d'expériences (§ 744, 745) ont constaté que les substances étrangères qu'on injecte dans le système de la veine cave se retrouvent dans le système aortique et dans les sécrétions formées aux dépens de ce dernier, et qu'elles passent aussi des artères pulmonaires dans les veines du même nom. Pour n'en citer ici qu'un exemple, Mayer poussa du lait dans la veine jugulaire d'un Lapin, et le retrouva dans le sang de l'aorte et de la veine porte; il avait donc passé non seulement des artères pulmonaires dans les veines pulmonaires, mais encore des artères intestinales dans les veines correspondantes.

6° Lorsqu'il ne peut couler de sang à travers les artères, il n'en revient pas non plus par les veines correspondantes. Quand Spallanzani (4) comprimait avec le doigt le cœur d'une Salamandre, la circulation cessait d'abord dans les artères, puis dans les veines; dès que la compression cessait, elle se rétablissait dans le même ordre. La même chose avait lieu après la ligature de l'aorte (5). Magendie (6) mit à découvert les vaisseaux cruraux d'un Chien, et serra la cuisse au dessous de ce point, afin qu'il ne pût couler de sang par les autres vaisseaux: quand il comprimait l'artère, le flot de sang fourni par la veine ouverte diminuait d'abord, puis cessait tout-à-fait après que l'artère s'était complétement vidée, et se rétablissait aussitôt que la compression cessait; s'il laissait couler un peu de sang dans l'artère, ce liquide sortait en nappe de la veine, et dès qu'il abandonnait l'artère à elle-même, le liquide s'élançait en

(1) Scheel, *Die Transfusion des Blutes*, t. I, p. 192.
(2) Journ. de physiologie, t. I, p. III.
(3) *Untersuchungen ueber den Kreislauf des Blutes*, p. 180.
(4) Expériences sur la circulation, p. 183.
(5) *Ibid.*, p. 185.
(6) Journ. de physiol., t. I, p. 110. — Précis élément., t. II, p. 323.

jet. Schottin observa une femme qui portait au bras un anévrysme variqueux, et à travers la veine céphalique de laquelle on voyait aisément percer la couleur du sang ; une pression exercée sur l'artère axillaire rendait le bras exsangue, et quelques instans après la cessation de la compression, le sang repassait rapidement par la veine (1).

7° Kerr (2) a commis une erreur en prétendant que personne encore n'a vu les globules du sang passer des artères dans les veines. Ce phénomène avait déjà été observé, au dix-septième siècle, d'abord par Malpighi, puis par Leeuwenhoek, et enfin par Cowper; il l'a été plus tard par Hales sur les poumons des Grenouilles, par Haller (3) sur la queue des Poissons, par Reichel (4) sur le mésentère des Grenouilles, par Spallanzani (5) sur des Grenouilles et des Salamandres. Forchhammer (6) a reconnu, sur les nageoires et les branchies des embryons de la Blennie, que tout le sang passe des artères dans les veines. Dœllinger a également vu, sur des embryons de Poissons, le même sang qui avait coulé dans les artères repasser dans les veines.

II. Mais s'il est certain que le sang passe des artères dans les veines, il peut ou s'épancher hors de celles-ci avant de passer dans celles-là (8°), ou rester toujours renfermé dans des canaux (§ 697), et, quoique la question soit déjà résolue par les observations qui viennent d'être rapportées (7°), nous devons cependant insister sur elle, parce qu'il règne encore des opinions diverses à son égard.

8° Pendant les premiers temps qui suivirent la découverte de la circulation, Pecquet, Mayow et autres (7) admirent qu'avant de passer dans les veines, le sang s'épanche des extrémités des artères dans le parenchyme des organes; mais les progrès de l'anatomie avaient fait abandonner cette hypo-

(1) *Isis*, 1823, p. 524.
(2) *Loc. cit.*, p. 57.
(3) *Opera minora*, t. I, p. 176.
(4) *De sanguine ejusque motu*, p. 16.
(5) Expériences sur la circulation, p. 255.
(6) *De blennii vivipari formatione*, p. 12.
(7) Haller, *Elem. physiol.*, t. I, p. 92.

thèse, lorsqu'elle fut de nouveau remise en honneur par les modernes. Les vaisseaux, dit Schmidt (1), sont les limites du sang, qui le conduisent sans décomposition au lieu de sa destination ; arrivé là, il se répand librement dans la masse animale, de sorte qu'il n'y a point de vaisseaux capillaires. Henszler prétend qu'il n'existe d'ouvertures béantes qu'aux extrémités de quelques artères (2), savoir de celles qui servent à la nutrition (3), et il se fonde d'un côté sur ce qu'on ne pourrait point expliquer autrement les phénomènes de la vie, d'un autre côté sur les faits suivans : toute piqûre d'épingle, quelque légère qu'elle soit, saigne : or, comme tout n'est point vaisseau, il faut que du sang soit épanché dans le tissu cellulaire (4) ; en examinant des pièces injectées, on aperçoit toujours des ouvertures béantes d'artères, tant à la loupe qu'à l'œil nu (5) ; on découvre dans la peau blanche et délicate de l'homme, surtout lorsqu'on en soulève un pli et qu'on le comprime, des cellules dans lesquelles il y a du sang épanché, et qui ressemblent à de petits points sanguinolens (6) ; enfin quand on appuie doucement sur les vaisseaux d'un Poisson, le sang reste bien dans leurs terminaisons les plus déliées, mais si la pression continue, il en sort, et s'épanche dans le tissu cellulaire, qui acquiert ainsi une teinte rouge sale (7). Oftendinger cite encore, à l'appui de cet épanchement de sang, une observation qu'il a faite sur un Lapin empoisonné au moyen de l'acide hydrocyanique ; les poumons étaient vides de sang, et leur substance lui offrit, non des vaisseaux et des vésicules, mais seulement de très-petits trous (8).

Cette doctrine, dans l'examen de laquelle nous ne nous attacherons qu'aux points essentiels, repose sur l'opinion que la

(1) *Organisationsmetamorphose des Menschen*, p. 33.
(2) *Neue Lehre im Gebiete der physiologischen Anatomie*, p. 134.
(3) *Ibid.*, p. 140.
(4) *Ibid.*, p. 150.
(5) *Ibid.*, p. 158.
(6) *Ibid.*, p. 162.
(7) *Ibid.*, p. 165.
(8) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1829, p. 343.

nutrition serait impossible si le sang ne s'échappait point des vaisseaux, hypothèse dont la discussion nous occupera ailleurs. Du reste :

a. Les animaux qu'on ouvre vivans, ou ceux qui viennent d'être mis à mort, n'offrent aucune trace d'extravasation de sang; leur substance entière est, au contraire, imbibée d'un liquide séreux parfaitement clair; s'il y avait seulement une goutte de sang, la sérosité devait être rougeâtre.

b. Nous voyons le sang former un courant uniforme dans les veines; il faudrait par conséquent que ces vaisseaux reprissent avec tout autant d'uniformité et de promptitude, par leurs orifices béans, le sang qui se serait échappé des artères; or l'expérience nous apprend que le sang extravasé dans les pétéchies et les ecchymoses n'est résorbé qu'avec une lenteur extrême. Mais, en supposant même qu'une harmonie si merveilleuse existât entre les artères et les veines non continues les unes avec les autres, elle ne pourrait manquer d'être troublée souvent, et des extravasations visibles de sang seraient les plus fréquentes des maladies; or, si l'on excepte les épanchemens produits par la déchirure des vaisseaux, ces extravasations sont extrêmement rares, et on ne les observe que dans des circonstances où l'on peut les expliquer soit par la moindre consistance du sang, soit par l'affaiblissement de la cohésion des parois vasculaires.

c. Le sang extravasé devrait nécessairement s'accumuler davantage en cas d'obstacle à son écoulement dans les veines; mais on ne voit jamais d'épanchemens sanguins chez les sujets atteints de varices, par exemple pendant la grossesse, et personne encore n'a observé qu'après la ligature d'une veine, le sang s'extravasât aux racines de ce vaisseau. Il n'est pas rare que de la sérosité s'épanche dans le tissu cellulaire, quand les veines viennent à être comprimées; mais cette sérosité est constamment exempte de tout mélange avec du sang.

d. Lorsqu'on pratique une injection, la masse passe des artères dans les veines sans s'extravaser, et l'on reconnaît ensuite que les deux ordres de vaisseaux communiquent ensemble par l'intermédiaire des vaisseaux capillaires. Ces derniers

contiennent souvent encore un peu de sang, en partie coagulé ou du moins épaissi, qui s'oppose au passage de l'injection dans les veines ; en pareil cas, on peut exercer une très-forte pression sur le piston de la seringue ; l'injection ne s'échappe point, jusqu'au moment où, un vaisseau venant enfin à se rompre tout à coup, la masse coule dans les tissus environnans. Si les vaisseaux capillaires sont libres, rien n'est plus facile que de les remplir ; j'ai injecté, entre autres, sur un même cadavre qui était demeuré trente heures dans le lit pendant les chaleurs de l'été, et qui montrait déjà des traces de putréfaction, une dissolution de soude dans les carotides et les artères crurales : il s'écoula, par les veines jugulaires et crurales, d'abord du sang épais, puis du sang de plus en plus clair, et enfin de la dissolution saline pure ; je poussai ensuite de la cire fondue jusqu'à ce qu'elle ressortît par les veines, que je liai alors ; la peau, auparavant flasque, était redevenue rénitente ; les joues, lèvres et paupières affaissées, avaient repris la turgescence et la forme qui les caractérisent pendant la vie, et les vaisseaux capillaires, notamment ceux du cerveau et de la moelle épinière, étaient complétement remplis de cire, sans qu'il y eût le moindre vestige d'extravasation. En examinant au microscope des vaisseaux capillaires injectés, on n'y aperçoit point d'ouvertures béantes, qui ne sauraient non plus exister, puisque autrement la masse se serait répandue au dehors ; des ouvertures, assez grandes surtout pour être visibles à l'œil nu, ne peuvent qu'avoir été produites par accident. Quand une partie riche en vaisseaux, par exemple un lambeau de peau, a été injectée, la surface entière paraît colorée d'une manière entièrement uniforme, de sorte que, si la masse était encore liquide, elle devrait s'échapper par le fait seul de la moindre piqûre d'épingle ; ce n'est qu'avec le secours d'une loupe qu'on reconnaît que la coloration appartient à des vaisseaux capillaires bien distincts les uns des autres. Prétendre que ces vaisseaux sont un produit de l'art, c'est prouver qu'on a trop de confiance dans l'habileté des anatomistes, et pas assez dans son propre jugement. Les extravasations sont trop communes pour qu'on ne puisse pas les reconnaître, au moment même où elles com-

mencent à se former, non seulement à la cessation subite de toute résistance, mais encore à la pénétration illimitée de quantités considérables d'injection, et, quand elles ont eu lieu, aux masses qu'elles produisent, dont la forme est déterminée uniquement par celle des parties entourantes. Les vaisseaux capillaires, au contraire, figurent des filamens grêles, ramifiés, souvent réticulés, et la manière dont ils se distribuent, se réunissent et s'anastomosent, présente des modifications spéciales dans chaque organe ; un œil exercé reconnaît au type particulier de la formation, à quel organe appartient la préparation de vaisseaux capillaires qu'on lui présente ; car jamais le hasard ne fait que les formes des vaisseaux du rein se rencontrent dans le foie, ou celles du foie dans la rate, etc.

e. L'observation de la circulation du sang au miscroscope confirme le résultat des injections anatomiques. Si le sang sortait des artères, on devrait pouvoir distinguer le point où cesserait la paroi vasculaire ; le sang, débarrassé de ses limites, devrait couler avec une plus grande vélocité, et se répandre plus librement. Or on ne voit rien de tout cela ; le sang qui émane de branches volumineuses produit sans interruption des courans linéaires, fréquemment flexueux, qui conservent toujours la même direction, du centre vers la périphérie, et de celle-ci vers le centre. On peut s'en convaincre par ses propres yeux, et les observateurs cités précédemment (7°) l'ont constaté. Kaltenbrunner exprime ce fait quand il dit qu'on voit les globules du sang former un courant continu des artères dans les veines, à travers les vaisseaux capillaires (1). Wedemeyer (2) déclare aussi que le sang passe des artères dans les veines, et que nulle part il n'y a ni pores latéraux ni ouvertures latérales qui lui permettent de sortir des artères ou d'entrer dans les veines.

f. Si tous ces faits, envisagés d'une manière générale, sont parfaitement démontrés, et si nulle conjecture ne peut les renverser, il serait possible cependant que des exceptions

(1) Froriep, *Notizen*, t. XVI, p. 308.

(2) *Untersuchungen ueber den Kreislauf*, p. 261.

eussent lieu dans certains organes ou chez certains animaux. On a cru fréquemment trouver de telles exceptions; mais, dans bien des cas, un examen plus attentif a fait reconnaître que l'on s'était trompé; peut-être le même sort attend-il les exceptions qui passent encore pour valables. Plusieurs physiologistes, par exemple Senac (1), disaient que le sang sort des vaisseaux dans le pénis, la matrice et les mamelles; mais il est prouvé aujourd'hui que les prétendues cellules ouvertes ne sont que des sinus veineux, qui se continuent sans interruption avec les veines (§ 278, 3°; 346, 1°). Les sinus veineux du cerveau sont des veines pourvues de gaînes que leur a fournies la dure-mère, et, quoiqu'il semble que le sang s'épanche en toute liberté dans la substance osseuse, Breschet a cependant prouvé (2) que même ici il existe une membrane vasculaire. Tout récemment, Home a décrit et figuré, aux artères des capsules surrénales, des ouvertures latérales livrant passage, suivant lui, non pas à du sang, mais à de la graisse; on conçoit à peine comment la chose serait possible; du reste, je n'ai jamais pu, malgré les injections les plus délicates, apercevoir d'ouvertures semblables dans les capsules surrénales.

Wedemeyer prétend que, dans la Salamandre, les vaisseaux des vésicules pulmonaires sont percés comme des cribles, que les globules du sang passent, par les ouvertures des artères, dans le parenchyme, où ils roulent comme des pois, et que de là ils s'introduisent dans les ouvertures des veines; mais il dit en même temps que ces globules s'entrelacent d'une infinité de manières, et suivent cependant la même direction à travers le parenchyme, ce qui ne s'accorde guère avec la première proposition (3). Gruithuisen (4) a vu, au bord du foie d'une Grenouille, entre les granulations glandulaires, des interstices dans lesquels le sang s'épanchait; mais il n'est pas prouvé pour cela que la membrane vascu-

(1) Traité de la structure du cœur, t. II, p. 182.

(2) Recherches anatomiques, physiologiques et pathologiques sur le système veineux, p. 25.

(3) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1828, p. 348.

(4) *Beitræge zur Physiognosie*, p. 159.

laire n'existât point. Suivant Rathke (1), du sang artériel s'épanche, chez la Lamproie, dans le tissu des organes génitaux, sans être renfermé dans des vaisseaux particuliers, et il baigne les œufs ou les globules testiculaires, comme s'il s'était introduit dans une éponge ; cependant l'analogie doit nous faire présumer que la membrane vasculaire ne manque pas non plus ici. Cuvier pensait que, chez les Aplysies, le sang sort des artères et est absorbé par les veines ; mais Rudolphi (2) a injecté les artères de ces animaux jusque dans leurs branches les plus déliées, sans qu'il se fît d'extravasation. Il semblerait, d'après Audouin, que, chez les Isopodes, le sang coule des artères dans les vides qui existent entre les organes, et que de là il passe dans les artères pulmonaires ; cependant le même auteur croit probable, d'après des observations plus approfondies faites sur des Décapodes, que les veines sont la continuation des artères, mais qu'elles ne consistent qu'en une membrane mince attachée au tissu des organes, comme elle l'est à la dure-mère dans le cerveau des Mammifères. Enfin, Treviranus (3) prétend qu'on ne peut découvrir aucun vaisseau dans les lames branchiales de la plupart des Crustacés, que le sang s'épanche dans l'espace compris entre les deux lames membraneuses dont elles se composent, et qu'il y décrit une révolution demi-circulaire. A la vérité, il y a presque impossibilité de démontrer aux yeux, dans des parties si délicates, une paroi qui doit être transparente ; mais il n'en paraît pas moins certain que le sang ne possède la plénitude de ses propriétés qu'autant qu'il est renfermé dans les vaisseaux, et que, dès qu'il s'est épanché ou qu'il imbibe la substance organique, il cesse d'être du véritable sang (§ 664, 692, 1°; 698).

(Dans les parties organisées, le passage du sang des ramifications artérielles les plus déliées dans les branches les plus grêles des veines a lieu par le moyen de vaisseaux capillaires microscopiques et réticulés, dans les mailles desquels se

(1) *Bemerkungen ueber den innern Bau der Pricke*, p. 71.

(2) *Grundriss der Physiologie*, t. II, p. 176.

(3) *Die Erscheinungen und Gesetze des organischen Lebens*, t. I, p. 229.

trouve la substance proprement dite des tissus. C'est ce qu'on voit dans toutes les fines injections, comme aussi lorsqu'on observe la circulation sur des parties animales vivantes. Parmi ces dernières, celles qui sont transparentes conviennent mieux que les autres, comme la membrane natatoire, les poumons et la vessie des Grenouilles, la queue des larves de Grenouilles et de Salamandres, l'œuf couvé des Oiseaux, des Reptiles et des Poissons, les jeunes Poissons, les branchies des larves de Crapauds et de Tritons, celles du Protée, les nageoires des Poissons, les ailes des Chauve-souris, le mésentère de tous les animaux. Mais on peut, avec le secours d'un microscope simple, apercevoir aussi distinctement ce passage dans presque toutes les parties opaques des larves de Tritons, que dans les organes transparens. On acquiert ainsi la conviction que toutes les parties organiques se comportent à peu près complétement de la même manière, sous le rapport des réseaux capillaires. J'ai moi-même observé la circulation dans la membrane natatoire des Grenouilles, le mésentère des Grenouilles, des Crapauds et des Souris, le blastoderme des Oiseaux, du Crapaud accoucheur et des Sauriens, les branchies des larves de Tritons et du Protée, les ailes de la Chauve-souris, la queue des têtards de Grenouilles, le foie, la vésicule biliaire, le canal intestinal et beaucoup d'autres parties des larves de Salamandres, parmi les Insectes dans quelques jeunes Scutigères, et parmi les Vers dans l'*Hirudo vulgaris*. Les Insectes et les Crustacés inférieurs seuls n'ont point de réseaux capillaires entre les vaisseaux afférens et les vaisseaux efférens, qui passent immédiatement des uns aux autres.

Les artères les plus déliées vont toujours en s'anastomosant de plus en plus les unes avec les autres. Ces anastomoses finissent par dégénérer en un réseau continu de vaisseaux capillaires, d'où les veines naissent également par de nombreuses anastomoses. Le passage des artères aux veines dans les vaisseaux capillaires n'est donc que relatif, et l'on ne peut pas dire avec précision où les unes commencent, où les autres finissent. Ce passage n'est pas non plus réduit partout à la même exiguité : on voit fréquemment de petites artères, dont la lumière embrasse plusieurs globules du sang, se réfléchir

sur elles-mêmes et devenir de petites veines, tandis que les capillaires les plus déliés à la faveur desquels s'effectue ce passage, ne peuvent admettre les globules du sang qu'un à un. Mais ces capillaires les plus déliés ne s'amincissent plus : ils conservent le même diamètre dans presque toute l'étendue des réseaux, et ne commencent à devenir un peu plus gros que quand ils se continuent avec les branches, soit artérielles, soit veineuses. Tous ces faits n'autorisent cependant point à admettre, avec Bichat, un système capillaire particulier, faisant antagonisme aux artères et aux veines. Les principales différences que l'on remarque dans le passage des artères aux veines, sont les suivantes :

a. Le petit courant artériel se recourbe sur lui-même et devient veine sans autre disposition quelconque. Cette particularité a été remarquée, surtout par Haller, Dœllinger et Œsterreicher, sur de jeunes Poissons, dans lesquels le courant artériel se renverse, vers le bout de la queue, pour produire la veine.

b. Dans les branchies des Poissons et des larves de Salamandres, de Grenouilles et de Crapauds, les lamelles branchiales les plus déliées se composent d'un petit courant ascendant et d'un autre descendant, qui se continuent immédiatement l'un avec l'autre par simple inflexion, et qui communiquent également ensemble par des vaisseaux transversaux réguliers, ainsi que le prouvent les observations de Configliachi et les miennes. Rusconi n'a point vu les branches transversales entre les courans veineux et artériels ; il n'a figuré que l'inflexion antérieure.

c. Le cas le plus commun est celui où les artérioles se ramifient en manière d'arbres, s'anastomosent ensemble, et finissent par constituer des réseaux d'où naissent les commencemens également dendritiques des veines. A ces réseaux se rendent des artères et des veines, tantôt parallèles, tantôt rapprochées, mais jamais accolées l'une à l'autre. Dans le foie, le réseau capillaire reçoit des branches afférentes des veines hépatiques, comme on peut s'en convaincre par des injections bien faites. A celui des poumons aboutissent et des artères pulmonaires et des ramifications des artères bronchiques ; on sait

qu'il y a des anastomoses même entre des branches assez considérables de ces deux ordres d'artères. Chez les Reptiles et les Poissons, qui, indépendamment des artères et des veines, ont aussi des veines afférentes rénales, la même communication de capillaires a lieu entre tous ces vaisseaux ; car, dans la Grenouille, le mercure passe sur-le-champ des uns dans les autres.

d. Des réseaux capillaires à mailles carrées, d'une régularité géométrique, se voient dans les branchies d'un grand nombre de Mollusques, surtout Acéphales, tels que les Moules et les Ascidies.

L'image de la circulation est presque entièrement la même dans toutes les parties d'animaux vertébrés qui ont été examinées jusqu'ici ; la substance propre des organes produit, au milieu des réseaux capillaires, des îles de forme irrégulière.

Nous avons beaucoup de planches représentant les vaisseaux capillaires dans l'état de vie. Reichel a figuré ceux du mésentère de la Grenouille ; Cowper, ceux des poumons de cet animal ; Rusconi et Configliachi, ceux des branchies du Protée ; Steinbuch, ceux des branchies des larves de Tritons ; Baumgaertner, ceux des embryons et larves de Poissons, de Grenouilles et de Salamandres ; J. Muller, ceux du foie des larves de Triton et des branchies de l'embryon du Crapaud accoucheur ; Gruithuisen, ceux du foie de la Grenouille ; Pander, ceux de l'*area vasculosa* de l'œuf d'Oiseau ; Dœllinger, ceux de jeunes Poissons ; Schultz, ceux de la membrane natatoire des Grenouilles ; Kaltenbrunner, ceux de différentes parties des Grenouilles et Mammifères ; Prevost et Dumas, ceux des poumons de la Salamandre ; Rusconi, ceux des branchies des larves de Triton ; J. Muller, ceux de l'*Hirudo vulgaris ;* Gruithuisen, ceux de la *Daphnia sima,* et Carus, ceux des Insectes.

Les vaisseaux capillaires ne sont par conséquent, dans toutes les parties organisées, que les passages réticuliformes des artères aux veines, et nulle part il n'y a de ces terminaisons libres de vaisseaux sanguins dont les anciens avaient tant parlé, dont les pathologistes s'étaient servis pour asseoir tant de théories : les villosités intestinales même n'offrent

que des réseaux et des anses d'artères et de veines. Il importe d'autant plus d'insister sur ce résultat de toutes les injections délicates et de toutes les observations microscopiques, que Haller, adoptant les grossières idées physiologiques de ses prédécesseurs, avait puissamment contribué à mettre en crédit l'hypothèse d'ouvertures béantes à l'extrémité des vaisseaux sanguins, ouvertures dont il admettait cinq espèces dans les membranes, les vaisseaux lymphatiques, les conduits sécrétoires, la graisse et les veines. Mais ces ouvertures étaient alors une disposition dont on ne pouvait se passer, puisqu'on ne concevait même pas sans elles la sécrétion du mucus ni celle de la graisse. De tous ces modes de transition des artères, il n'en existe qu'un seul, le passage direct dans les veines) (1).

§ 702. Maintenant, puisque le sang est transmis des artères aux veines par des canaux, ceux-ci peuvent être, ou de simples vides dans la substance organique, ou de véritables vaisseaux, qui se continuent d'un côté avec les artères, de l'autre avec les veines.

I. Dœllinger dit (2) que les plus petits courans de sang s'épanchent dans la substance animale, et que quiconque aura une fois vu la circulation, ne pourra songer encore à admettre des vaisseaux capillaires; la substance animale interposée entre eux est contractée sur elle-même dans les pièces injectées sèches, et l'on n'aperçoit que la masse de l'injection, qui a pris la place des courans sanguins. Il prétend que cette matière animale n'est pas coupée par les courans du sang autrement que le sable ne l'est par l'eau qui coule (3), et allègue en preuve ses observations sur les embryons de Poissons, desquelles il résulte, d'un côté, que, par les progrès du développement, le courant du sang acquiert de nouvelles branches et de nouvelles formes de direction, de l'autre, que certains globules s'en échappent parfois, parcourent un espace plus ou moins étendu en dehors de lui, et y rentrent ensuite,

(1) Addition de J. Muller.

(2) *Was ist Absonderung?* p. 25.

(3) *Denkschriften der Akademie zu Muenchen*, t. VII, p. 179.

ou se fraient une voie à part et s'anastomosent avec d'autres courans, ou enfin se perdent dans la masse organique (1). Meyen admet (2), d'après lui, que les artères et les veines se terminent dans le parenchyme, et que les vaisseaux capillaires sont simplement des excavations cylindriques de ce dernier, sans parois propres. Œsterreicher (3) ajoute encore, comme preuve, qu'il se forme quelquefois de nouvelles branches à des artères, que ces troncs de nouvelle formation s'abouchent avec des veines, et que la sortie du sang hors des artères a été observée (§ 696, 2°), quoiqu'il dise en même temps que les vaisseaux n'ont point d'ouvertures, qu'ils ne font que se fondre peu à peu avec le tissu cellulaire et cesser d'exister comme conduits spéciaux. D'après Kaltenbrunner, les globules du sang ne sortent ni des gros ni des petits vaisseaux dans l'état de santé; mais les vaisseaux de petit calibre n'ont point de parois propres; ce sont tout simplement des excavations creusées dans le parenchyme, car jamais on n'aperçoit de membrane qui leur appartienne. En observant au microscope la nageoire caudale d'un Poisson, on voit d'abord la circulation assez régulière ; mais elle ne tarde pas à se ralentir, et ensuite elle devient irrégulière : les canaux se dilatent, s'ouvrent tout à coup, et les globules du sang s'extravasent dans le parenchyme, de manière qu'on ne découvre plus aucun vaisseau régulier dans la nageoire entière (4). Wedemeyer partage les mêmes vues (5).

B. *Vaisseaux capillaires.*

II. On entend par *vaisseaux capillaires* ceux que leur ténuité permet de comparer à des tubes capillaires, et que le courant sanguin parcourt en passant de la direction artérielle à la direction veineuse, entre lesquelles il demeure, pour ainsi

(1) *Ibid.*, p. 187.

(2) *Diss. de primis vitæ phænomenis et de circulatione sanguinis in parenchymate*, p. 25.

(3) *Versuch einer Darstellung der Lehre vom Kreislaufe des Blutes*, p. 103.

(4) Froriep, *Notizen*, t. XVI, p. 308.

(5) *Untersuchungen ueber den Kreislauf des Blutes*, p. 262.

dire, dans une sorte de fluctuation. Mais ces vaisseaux passent par gradations, et par accroissement insensible de leur calibre, d'un côté à la condition d'artères, de l'autre à celle de veines, en sorte qu'il n'est pas possible de leur assigner des limites précises : la circulation a aussi, dans les uns, une direction artérielle, dans d'autres, une direction veineuse, et si l'on voulait les déterminer d'après la direction seule, il n'y aurait guère à regarder comme capillaires que les points où l'une cesse pour faire place à l'autre. D'un autre côté, si l'on prétendait s'attacher à leur caractère physiologique, en vertu duquel leur sang entre en conflit avec les organes et le monde extérieur, il n'en serait pas moins impossible de dire où ils commencent et où ils finissent. Ainsi donc, si, par système capillaire, on entend un genre particulier de vaisseaux, qui diffèrent des artères, des veines et des lymphatiques par des caractères aussi positifs que ceux sur lesquels repose la distinction établie entre ces derniers, il faut nier l'existence d'un tel système. Mais n'emploie-t-on le terme que comme une abréviation indiquant l'ensemble des ramifications les plus déliées des artères et des veines, il n'y a plus d'objections à élever contre son application.

1° En jugeant d'après des vues générales, il nous paraît vraisemblable que les capillaires ont des parois propres, ou qu'ils sont réellement des vaisseaux. L'histoire du développement de l'embryon nous a appris que les courans sanguins, qui d'abord se répandent librement à travers la masse organique, ne tardent point à acquérir des parois spéciales. Nulle part il ne se produit de vaisseaux vides, mais nulle part non plus le sang ne reste sans enveloppe : le vaisseau est le côté extérieur nécessaire du sang ; tant que celui-ci est véritable sang, c'est-à-dire tant qu'il est suc vital différent de tous les autres liquides, il se crée sa propre délimitation en vertu de sa spontanéité (§ 688, 1°). Maintenant, le sang ne se résout pas complétement en formations nouvelles à l'extrémité des artères, mais revient par les veines en restant essentiellement la même substance ; il doit donc avoir là aussi ses vaisseaux propres.

Mais le système sanguin renferme en lui un antagonisme

de centre et de périphérie. Dans son centre (cœur et troncs vasculaires), il jouit de l'indépendance et d'une organisation particulière, attendu qu'à la membrane vasculaire primordiale s'appliquent des muscles, des fibres contractiles, des vaisseaux nourriciers, des nerfs, du tissu cellulaire et une membrane séreuse (§ 688, 2°-4°). Au point opposé, à la périphérie (vaisseaux capillaires), le sang entre en conflit avec la masse organique et en partie aussi avec le monde extérieur, et le vaisseau sanguin abdique son indépendance; car il devient une partie du tissu propre, et se dépouille de ses membranes externes; mais il n'en conserve pas moins son existence; car la membrane vasculaire commune, qui entoure le corps du sang, persiste sans gêner son conflit avec l'extérieur. Ainsi donc, si le centre et la périphérie sont opposés l'un à l'autre, mais que, comme parties d'un tout, ils s'accordent ensemble eu égard aux points essentiels, la continuité du système qu'ils représentent fait qu'ils passent de l'un à l'autre par des gradations intermédiaires; plus le vaisseau se rapproche de la périphérie, plus aussi sa paroi devient mince, plus il perd de son indépendance, plus il se rattache intimement aux organes avec lesquels le sang doit entrer en rapport intime; mais, comme il ne périt pas entièrement pour cela, comme au contraire il conserve son existence et revient au cœur sans avoir cessé d'être sang, il conserve aussi sa paroi propre, et le vaisseau ne devient pas parfaitement identique avec les organes. On peut suivre les vaisseaux sanguins à une grande profondeur dans la substance des organes, soit en les dépouillant avec le scalpel, soit en les mettant à nu par la macération; la paroi va toujours en s'amincissant, et les ramifications les plus déliées ne peuvent plus être poursuivies par le scalpel ni dégagées par la macération; mais l'observation microscopique du sang coulant et les pièces injectées prouvent qu'il y a continuité complète dans le tissu vasculaire, qu'on ne découvre nulle part aucune terminaison de la paroi vasculaire.

2° La direction des petits courans sanguins doit être déterminée ou par la nature du tissu des organes, ou par la pénétration du sang dans une masse amorphe. Maintenant

ces petits courans paraissent toujours cylindriques pendant la vie, de même que le sont les vaisseaux capillaires pleins d'injection ; par conséquent, il faudrait que le parenchyme de tous les organes consistât en fibres parallèles pour que les petits courans de sang fussent dans le cas du suc végétal contenu dans les méats intercellulaires, c'est-à-dire ne dussent leurs limites qu'aux parties environnantes. Or, comme on ne peut point démontrer une telle texture, nous sommes forcés d'admettre que le sang se fraie sa carrière dans une substance molle et amorphe. Mais plusieurs faits établissent aussi que cette carrière ne reste pas une simple gouttière, et qu'elle se consolide par la formation d'une paroi propre. En effet, si elle était une simple gouttière dans de la substance molle, la moindre pression suffirait, d'après la remarque de Weber (1), pour affaisser les côtés et faire qu'ils s'accolassent ensemble ; mais l'expérience démontre que, quand les vaisseaux capillaires d'une partie ont été complétement vidés par la compression, le sang qui y afflue ensuite de nouveau rentre dans la même carrière qu'auparavant, ainsi que le fait observer Wedemeyer (2), par exemple. D'ailleurs, chaque organe nous présente une forme constante de distribution des vaisseaux capillaires, et cette constance de la forme annonce la persistance de la paroi. Si le sang coulait dans la matière animale, comme l'eau dans le sable, les vaisseaux capillaires qu'on injecte ne seraient pas si régulièrement cylindriques, mais paraîtraient irréguliers, tantôt dilatés, tantôt rétrécis. Haller (3), Dœllinger (4) et Wedemeyer (5) avaient déjà remarqué, et l'on peut très-facilement s'en convaincre, qu'il arrive souvent à des courans artériels et veineux de marcher très-serrés l'un contre l'autre, même en travers l'un de l'autre, sans que leur direction soit troublée : ils doivent donc avoir des parois qui leur soient propres. On a vu de l'air, qui avait été poussé dans une artère, chez un animal

(1) *Anatomie des Menschen*, t. I, p. 250.

(2) *Untersuchungen ueber den Kreislauf*, p. 206.

(3) *Opera minora*, t. I, p. 175.

(4) *Denkschriften der Akademie zu Muenchen*, t. VII, p. 187.

(5) *Loc. cit.*, p. 200.

vivant, sortir peu de temps après par la veine correspondante (1); s'il n'avait point trouvé de parois solides dans les capillaires, il n'aurait pas pris un chemin si étroit, et se serait répandu dans le parenchyme des organes. La réplétion des capillaires du poumon par de l'air ou du mercure empêche la circulation (§ 744), tandis que, si les capillaires étaient de simples gouttières, le sang se fraierait une route nouvelle. Lorsqu'un caillot s'est formé dans les vaisseaux capillaires d'un animal vivant, les globules du sang sont arrêtés par lui, sans qu'ils puissent se créer une autre voie (§ 721, 2°); les caillots interceptent de même la communication établie par des anastomoses (§ 714, 9°; 729, 2°).

3° Dans les tissus purement vasculaires, la choroïde, par exemple, il n'y a point de substance dans laquelle puissent se former des couloirs pour le sang; mais là, où les vaisseaux ne sont point enveloppés par l'accession d'autre substance, les préparations bien faites nous montrent, de la manière la plus évidente, comme l'a prouvé Sœmmerring (2), que les vaisseaux capillaires sont les prolongemens des artères et les commencemens des veines, et la distance qui les sépare est tellement faible qu'on ne peut point songer à des ramifications plus ténues entre eux. Ces vaisseaux se manifestent aussi, même sans injection, sous la forme de filamens très-déliés, dans la substance du cerveau, celle surtout des corps striés.

3° On nie les parois parce qu'elles ne sont point visibles. Cependant la membrane vasculaire commune est transparente, même dans les troncs vasculaires frappés de mort; à plus forte raison doit-elle l'être dans les ramifications les plus déliées et pendant la vie (§ 634, 9°); c'est précisément parce qu'on voit couler le sang qu'elles emprisonnent qu'on ne peut pas les voir elles-mêmes, tout comme la sérosité transparente du sang est invisible, quoiqu'elle existe bien certainement. Mais lorsqu'il y a deux capillaires l'un au dessus de l'autre, on aperçoit leur membrane. Déjà Reichel (3) avait remarqué des

(1) Dieffenbach, *Die Transfusion des Blutes und die Infusion der Arzneien in die Blutgefæsse*, p. 181.

(2) *Denkschriften der Akademie zu Muennchen*, t. VII, p. 12.

(3) *De sanguine ejusque motu*, p. 17.

stries plus foncées sur les côtés du courant sanguin, là où les parois sont le plus rapprochées. Spallanzani (1) dit qu'il semble que les courans de sang les plus déliés n'aient point de parois, et que cependant on en découvre parfois des vestiges, sous la forme de bords obscurs. Suivant Wedemeyer (2), les parois de la plupart de ces vaisseaux forment deux lignes parallèles fort minces. J. Muller s'est également convaincu que les courans sanguins les plus déliés sont limités par de la substance plastique condensée (3); or la membrane vasculaire commune n'est point autre chose.

5° Dœllinger a observé, dans des embryons de Poissons, les changemens du courant sanguin et de la marche de certains globules dont il a été parlé plus haut. Nul doute que, chez l'embryon, les organes ne reçoivent du sang avant qu'il existe encore de vaisseaux, que par conséquent ce liquide ne commence par couler dans des gouttières auxquelles il a donné naissance par le fait même de sa pénétration; mais il est déjà probable de soi-même que les parois de ces gouttières ne tardent point à se condenser et à se limiter par rapport au reste de la substance, car un ruisseau finit par se creuser peu à peu un lit uni en coulant à travers le sable. D'ailleurs cette condensation progressive peut être observée d'une manière directe. Suivant Spallanzani (4), les troncs vasculaires de l'embryon du Poulet, qui sont d'abord transparens, deviennent opaques à dater du cinquième jour, et cette opacité s'étend d'une manière progressive aux branches, de sorte qu'au neuvième jour on n'aperçoit plus le sang qu'avec peine dans les ramifications les plus ténues. En jugeant d'après l'analogie, nous devons présumer que le même phénomène a lieu également dans les vaisseaux capillaires que contient l'intérieur des organes.

Après que des parois solides se sont formées, il peut encore survenir dans la circulation des phénomènes qui semblent de-

(1) Expér. sur la circulation, p. 169.
(2) *Loc. cit.*, p. 200.
(3) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1829, p. 186.
(4) *Loc. cit.*, p. 287.

voir faire douter de leur existence. Wedemeyer (1) a vu quelquefois un globule du sang se détacher du courant, marcher lentement, et en faisant des pauses, puis finir par se plonger dans un autre courant, où d'autres ne tardaient point à le suivre. Mais, dans quelques uns de ces cas, il a reconnu bien distinctement que la carrière en apparence de nouvelle formation était un ancien vaisseau capillaire affaissé, dont une ligne noire dans le tissu cellulaire marquait la trace.

6° A la suite d'inflammations, il se forme du sang, avec de nouveaux vaisseaux, qui s'adaptent aux vaisseaux antérieurement existans. Ce fait semble s'élever contre l'existence de parois permanentes; mais il se concilie réellement avec elle : car la nouvelle formation qui s'opère n'est qu'une répétition partielle et incomplète de la première, dans laquelle il se produit aussi des ouvertures à des canaux clos de toutes parts (§ 438, 2°). Il est donc parfaitement conforme à la nature que la paroi délicate d'un vaisseau capillaire s'atténue et se perfore dans le point où un nouveau petit courant sanguin fait effort contre elle. Mais la formation de nouveaux vaisseaux et leur abouchement avec les anciens sont des sujets que nous devons réserver pour le moment où il sera question de la production des solides organiques.

On a dit que, pendant l'agonie d'un Poisson, le sang s'était épanché des vaisseaux capillaires de la nageoire caudale dans le parenchyme : c'est là un phénomène tellement en dehors de ceux qu'on rencontre partout, qu'on est tenté de l'attribuer à une pression accidentelle.

(C.-F. Wolff, Hunter, Dœllinger, Gruithuisen, Wedemeyer, Œsterreicher et Baumgaertner niaient l'existence des parois propres, admise par Leeuwenhoek, Haller, Spallanzani, Proschaska, Bichat et Rudolphi.

La formation de nouveaux vaisseaux, que Dœllinger et Œsterreicher considèrent comme un argument en faveur de la non-existence des parois, ne prouve rien pour les vaisseaux déjà formés. La largeur des courans et la petitesse des îles de substance dans les poumons des Grenouilles et des Salamandres

(1) *Loc. cit.*, p. 200.

et dans les branchies des larves de Tritons, qui ont déterminé Wedemeyer à embrasser cette opinion, témoignent plutôt du contraire; car ces petites îles devraient quelquefois prendre part elles-mêmes aux courans. Mais il y a aussi des preuves directes attestant que les vaisseaux capillaires ont des parois constituées par une membrane extrêmement mince. On peut en effet démontrer celle-ci dans un parenchyme facile à dissoudre par l'eau, et qui laisse après lui les réseaux des capillaires. Ainsi les capillaires des reins, qui entourent les conduits urinifères serpentins de la substance corticale, se montraient indépendans lorsque je venais à faire ramollir quelque temps dans l'eau un petit morceau de substance rénale d'Ecureuil, et à l'examiner ensuite au microscope. L'indépendance de ces vaisseaux est bien plus facile encore à constater dans la choroïde, l'iris et le corps ciliaire. Mais l'existence de leurs parois membraneuses ne peut être démontrée nulle part d'une manière plus évidente que dans un organe dont on doit la découverte à Treviranus, l'organe en forme de plaque qui se rencontre dans le limaçon des Oiseaux. D'après les belles observations de Windischmann, ces plaques ne sont que les plis ou les fronces d'une membrane qui s'étend sur la lame spirale du limaçon des Oiseaux. Cette membrane est partout délicate et pulpeuse; mais sa substance molle est parsemée d'un réseau vasculaire extrêmement beau, que Windischmann a injecté, ainsi que moi. La substance molle de l'organe se dissout facilement dans l'eau, et il reste le réseau présentant ses mailles vides. Il n'est même pas nécessaire de recourir à l'injection pour que les anses et réseaux vasculaires se conservent avec leurs parois membraneuses bien évidentes, après la dissolution de la substance pulpeuse. Du reste, il faut se représenter les parois de ces courans déliés comme de simples limites plus condensées de la substance, et non comme des membranes indépendantes)(1).

§ 703. Enfin nous avons encore à examiner la question de savoir si, parmi les vaisseaux capillaires, ils ne s'en trouve pas qui charrient de la sérosité sanguine pure, ou du moins

(1) Addition de J. Muller.

chargée d'une si petite quantité de globules, qu'eux-mêmes soient parfaitement transparens et ne puissent par conséquent point être vus. L'existence de ces vaisseaux séreux a été fréquemment niée dans les temps modernes, entre autres par Œsterreicher (1); mais il paraît que c'est à tort. On se fonde, pour les admettre, sur le résultat des injections (I), sur divers phénomènes vitaux (II), enfin sur l'observation microscopique de la circulation dans les vaisseaux capillaires (III).

I. Ruysch fut le premier qui, d'après ses injections, conclut qu'il existait des vaisseaux séreux. En effet, les injections semblent rendre visibles un plus grand nombre de vaisseaux que le sang n'en remplissait pendant la vie; car certaines parties, qui n'avaient qu'une teinte rouge pâle, prennent une couleur bien plus intense après avoir été injectées. Néanmoins, un fait plus important encore, c'est qu'on peut injecter certains vaisseaux qui, dans l'état ordinaire, ne charrient point de sang rouge, par exemple les branches que l'artère centrale de la rétine envoie à la capsule cristalline.

II. Divers phénomènes vitaux avaient déjà déterminé Vieussens à admettre des vaisseaux séreux.

1° D'abord il existe des parties contenant peu ou point de sang rouge, qui cependant se nourrissent et sont humides, comme par exemple les cartilages, les membranes fibreuses, l'arachnoïde et la conjonctive. Suivant la remarque de Wedemeyer (2), ces parties sont précisément, avec la sérosité sanguine, celles qui se teignent de préférence en jaune dans l'ictère, tandis que d'autres, qui reçoivent du sang rouge, conservent leur teinte naturelle.

2° La rougeur et la pâleur provoquées par les émotions morales, la coloration de la peau dans l'eau chaude et dans l'eau froide, ne peuvent également point être expliquées sans admettre des vaisseaux séreux. Un autre fait plus important encore est l'apparition de vaisseaux charriant du sang dans l'inflammation de parties qui habituellement ne reçoivent point de sang rouge. Ces vaisseaux deviennent alors apparens dans des organes où nul anatomiste n'en a encore injecté aucun,

(1) *Loc. cit.*, p. 113.
(2) *Loc. cit.*, p. 289.

par exemple dans l'arachnoïde (comme le prouve une préparation existante à Heidelberg), ou dans la cornée transparente. Cependant il serait possible que les vaisseaux fussent redevables de leur formation à la phlegmasie, comme il l'est aussi qu'ils existent dans l'état normal, mais pleins seulement de sérosité sanguine et trop grêles pour admettre l'injection. L'exemple de la conjonctive est plus décisif ; car des vaisseaux charriant du sang ne tardent pas à s'y manifester toutes les fois qu'elle éprouve une irritation quelconque. On a prétendu que le sang qui devient alors visible était de nouvelle formation, ou que les courans voisins l'avaient envoyé dans le parenchyme ramolli de la membrane, dépourvue par elle-même de vaisseaux (1). Cependant la formation du sang et le ramollissement du parenchyme peuvent fort bien être la conséquence et non le commencement de l'inflammation. Si les irritations mécaniques et chimiques les plus variées déterminaient la formation de nouveau sang, et que cette formation eût lieu instantanément, un champ tout neuf s'ouvrirait pour la médecine ; mais c'est une hypothèse inadmissible aujourd'hui. Quant à ce qui concerne les vaisseaux capillaires de la conjonctive, on peut les injecter sur un œil qui était parfaitement sain ; car Eble (2) en a très-bien décrit et figuré l'origine et la marche, et comme ils ne contiennent point de sang pendant la vie, ce seul fait démontre ici l'existence de vaisseaux séreux. On remarque quelquefois à la conjonctive des taches brunâtres ou rouges, semblables à des îles, et qui sont sans connexions avec aucun vaisseau ; mais ce phénomène s'explique aussi par du sang amené ; car les globules du sang, qui passent un à un dans les capillaires à l'état normal, peuvent s'accumuler dans ceux dont l'irritation a augmenté le calibre, et donner lieu de cette manière à une rougeur.

3° Les vaisseaux les plus superficiels de la peau ne charrient que de la sérosité sanguine ; car, lorsqu'on enlève l'épiderme avec circonspection, il s'écoule du sérum, qui n'était pas accumulé auparavant sur ce point, et, si l'incision est plus

(1) D'après Meyen, dans *Isis*, 1828, p. 405.

(2) *Ueber den Bau und die Krankheiten der Bindehaut des Auges*, p. 40, fig. 7-8.

profonde, le sang paraît. Les ulcères atoniques exhalent souvent du sérum pur ; un peu d'irritation fait qu'ils suintent du sérum sanguinolent, et si l'irritation est portée plus loin, du sang pur s'en écoule. D'un autre côté, dans les plaies récentes, les vaisseaux capillaires divisés fournissent d'abord du sang, puis, au bout de quelques heures, une sérosité sanguinolente, et plus tard encore de la sérosité limpide. Ainsi le sang rouge pénètre dans des capillaires destinés à ne charrier que de la sérosité sanguine, toutes les fois que l'afflux du sang augmente, et d'autres qui contiennent habituellement du sang rouge n'admettent plus que la sérosité, quand la pression atmosphérique combat l'affluence du sang. C'est donc l'état de la vie qui règle le contenu des capillaires, eu égard à la sérosité et aux globules, et l'on ne tomberait dans l'erreur que si l'on voulait établir des limites trop tranchées, en considérant les vaisseaux séreux comme un ordre de conduits à part.

III. En observant la circulation au microscope,

4° On remarque constamment des courans sanguins qui consistent en des séries simples de globules, qui par conséquent sont incolores, et ne peuvent être vus à l'œil nu. Si maintenant on admet, comme Senac l'avait déjà fait (1), que les vaisseaux séreux, envisagés dans l'acception la plus générale du mot, sont des capillaires ordinairement incolores et par cela même invisibles, mais susceptibles, quand l'afflux du sang augmente, d'admettre ce liquide et de paraître rouges, leur existence est prouvée.

5° Suivant la remarque de Wedemeyer (2), à mesure que le diamètre des vaisseaux capillaires s'affaiblit, la quantité de sérosité sanguine augmente dans leur intérieur, et celle des globules diminue, de sorte que, comme l'a fait voir Muller (3), ceux-ci marchent isolés et à la suite les uns des autres dans les courans les plus exigus. D'après cela, il est non seulement possible, mais même vraisemblable, qu'il y ait des courans

(1) *Loc. cit.*, t. II, p. 174.

(2) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1828, p. 346.

(3) *Ibid.*, 1829, p. 186.

plus déliés encore, qui habituellement ne contiennent pas de globules du tout, et qu'on ne voie point, parce que la sérosité sanguine qu'ils renferment est transparente et incolore.

6° Mais on a réellement aperçu de pareils courans, libres, au moins momentanément, de globules du sang. Haller (1) a observé que les capillaires artériels cessent quelquefois de charrier des globules, sans pour cela disparaître, et Wedemeyer (2) a vu qu'ils n'en conservaient pas moins leur capacité antérieure, de sorte qu'ils doivent être pleins de sérosité sanguine. Ce dernier a fréquemment remarqué (3) des capillaires, indiqués par deux lignes, qui étaient si étroits que, quand un globule se présentait à leur orifice, il y demeurait arrêté, puis se trouvait au bout de quelque temps entraîné par le courant; mais parfois aussi ce globule y entrait pour ainsi dire de force, après quoi d'autres le suivaient, de manière que le vaisseau séreux devenait dès-lors un capillaire sanguin. Ce qui convainquit Wedemeyer de l'existence de la sérosité sanguine dans les vaisseaux qui ne charriaient point de globules, c'est que, quand il les vidait en faisant périr l'animal d'hémorrhagie, ou en les frottant avec un pinceau, ils s'affaissaient, et ne paraissaient plus que comme des stries de tissu cellulaire condensé (4).

(Dans les capillaires les plus déliés, les globules ne passent qu'un à un, et avec des interruptions, de sorte qu'on peut compter les momens qui s'écoulent entre les passages de ces corps isolés. Tantôt ils se succèdent avec rapidité, tantôt ils n'arrivent qu'à d'assez grands intervalles; telle gouttière ne présente pendant quelque temps que de la sérosité sanguine, puis tout à coup on y aperçoit des globules à la suite les uns des autres. Sans globules, les courans sont incolores, transparens; avec des globules isolés, ils paraissent d'un jaunâtre pâle, sans perdre leur transparence; beaucoup de globules les rendent rougeâtres, et si les vaisseaux ont plus de calibre, ils prennent alors une teinte rouge.

(1) *Opera minora*, t. I, p. 88.
(2) *Untersuchungen ueber den Kreislauf*, p. 203.
(3) *Ibid.*, p. 205.
(4) *Ibid.*, p. 284.

Il sera question plus loin des vaisseaux capillaires de la cornée transparente, de la capsule cristalline et du corps vitré ; mais on se demande si ces parties transparentes charrient du sang complet ou seulement de la sérosité sanguine. Il est prouvé d'abord que ce sont, non des vaisseaux particuliers, mais seulement des branches de vaisseaux sanguins, et que, même dans l'état de santé, la paroi postérieure de la capsule cristalline a des vaisseaux qui charrient du sang rouge. On peut s'en convaincre dans les Veaux et les Bœufs, en ouvrant avec circonspection, sur le côté et en arrière, un grand nombre d'yeux de ces animaux ; il arrivera souvent qu'on trouvera non seulement l'artère centrale du corps vitré, mais encore les ramifications qu'elle envoie à la paroi postérieure de la capsule cristalline, pleines de sang, et il ne sera même pas nécessaire de recourir à la loupe pour s'en assurer. Il ne suit pas de là que tous les vaisseaux capillaires des parties transparentes de l'œil admettent le sang rouge; il pourrait fort bien se faire que les plus déliés d'entre eux ne fussent accessibles qu'à la sérosité sanguine transparente. Dans certaines parties transparentes d'animaux vivans, on n'aperçoit pas d'autres vaisseaux capillaires que ceux qui charrient des globules, quoique, dans les plus petits d'entre eux, ces derniers ne se succèdent fréquemment qu'à de longs intervalles et avec des interruptions. Mais, ce qu'il y a de certain, c'est que, dans aucune partie, il n'y a d'autres vaisseaux que des capillaires et des lymphatiques, et que les vaisseaux admis par les anciens, remis en vogue par quelques pathologistes modernes, sous les noms de *vasa serosa, seroso-lymphatica, arterioso-lymphatica,* etc., doivent être relégués parmi les fables, avec les vis, les suçoirs, les pompes et les extrémités béantes de vaisseaux, dont on s'amusait dans l'antiquité) (1).

C. *Veines et cœur.*

§ 704. Le reste du cours du sang est plus manifeste, et a fait naître moins de doutes.

I. Le cours du sang vers le cœur, par les veines, était déjà

(1) Addition de J. Muller.

connu en partie de Praxagoras, qui enseignait que le *pneuma* puisé dans l'atmosphère passe, par les veines pulmonaires, au cœur et de là dans les artères. Plusieurs faits se réunissent pour prouver que cette direction est générale.

1° Le premier est la disposition des valvules. Elle fait qu'on ne peut injecter les veines que dans la direction des branches vers les troncs. C'est au seizième siècle qu'on commença à étudier ces valvules avec plus de soin, et déjà Bérenger de Carpi avait reconnu qu'elles s'opposent au retour du sang des troncs dans les branches, quoique plus d'un anatomiste, entre autres Fabrice d'Acquapendente, crût encore qu'elles n'ont d'autre usage que de prévenir les dilatations outre mesure et l'afflux trop violent du sang vers les organes.

2° Quand la circulation est arrêtée dans le cœur, les troncs veineux se dilatent.

3° Lorsqu'on lie ou qu'on comprime une veine, elle se vide entre l'obstacle et le tronc ou le cœur, et se gonfle entre ce même obstacle et la périphérie, tandis que le sang s'accumule aussi dans les organes. L'antagoniste le plus récent de la circulation, Kerr (1), objecte que ce gonflement se réduit à peu de choses, et qu'il n'augmente pas quoique les artères continuent de battre. Cependant on conçoit très-bien que la veine ne puisse pas se distendre au-delà d'un certain terme, et qu'alors il survienne une obstruction, à moins que, comme dans la plupart des cas, le sang ne soit ramené au cœur par d'autres veines, notamment par celles qui sont plus profondes.

4° Une veine coupée en travers, qui a des valvules (et celles-ci ne manquent que dans les troncs et dans les veines des viscères), ne saigne continuellement que du bout tourné vers la périphérie; quant au bout qui regarde le cœur, le sang ne s'écoule que de l'espace compris entre la plaie et la plus prochaine valvule, de sorte qu'il n'est pas nécessaire de le lier dans les opérations chirurgicales.

5° Enfin cette direction du courant des branches vers les troncs, et de ceux-ci vers le cœur, se voit clairement chez les animaux, où Malpighi l'a observée le premier d'une manière immédiate.

(1) *Loc. cit.*, p. 63.

II. Platon savait déjà que le *cœur* envoie le suc vital ; car il le désignait comme étant la source du sang et l'origine de tous les vaisseaux.

6° On le voit se dilater et se resserrer alternativement, et lorsqu'il est transparent, on reconnaît que, pendant la diastole, il est rouge et plein de sang, tandis que, pendant la systole, il est pâle et vide (§ 471, 3°).

7° Si on lie les troncs veineux, il reste vide ; si on applique une ligature sur les troncs artériels, il demeure plein ; si on l'ouvre, tout le sang s'écoule.

8° Lorsqu'on transfuse du sang étranger dans les veines, ou qu'on y infuse un autre liquide, ces substances reparaissent dans les artères.

9° Les valvules sont disposées de telle sorte que le sang peut passer des ventricules dans les artères, mais non refluer de celles-ci dans ceux-là ; aussi n'est-ce que par les veines qu'on parvient à injecter complétement le cœur.

ARTICLE II.

De la marche du sang.

I. Détails de la marche du sang.

§ 705. Après avoir considéré d'une manière générale la carrière que le sang parcourt, il faut en étudier les diverses stations.

A. *Cœur.*

Nous commencerons par le *cœur*.

1° En effet, le cœur est évidemment le point central du système vasculaire, puisque tout le sang des diverses veines s'y réunit, et que tout celui qui parcourt les différentes artères en part. Comme partie constituante du système vasculaire, il porte le caractère de vaisseau (§ 688), mais à un plus haut degré de développement. La membrane vasculaire commune forme des valvules, auxquelles, comme à l'épiderme du squelette extérieur, des muscles s'attachent au moyen de tendons. La couche celluleuse extérieure s'est développée en une membrane séreuse, le péricarde. Enfin la couche fibreuse

médiane est devenue une masse musculaire complète, avec des vaisseaux sanguins et des nerfs considérables, dans laquelle la locomotilité animale s'est élevée à son plus haut degré de puissance, sans obéir à la volonté.

2° Pendant que les ramifications des vaisseaux se plongent dans les organes et sont admises dans leur tissu, mais que les troncs représentent simplement des canaux conducteurs, le cœur se montre organe spécial et indépendant, sous la forme d'une vésicule à parois épaisses, chez les animaux vertébrés et chez les Mollusques. Le cœur des animaux vertébrés est logé dans la cavité pectorale, que la région gutturale représente chez les Poissons. Celui des Mollusques occupe des parties diverses du corps; dans plusieurs Gastéropodes, par exemple, il est placé en devant; chez d'autres, on le trouve en arrière; et dans les Bivalves, il entoure le rectum en manière d'anneau. Chez les animaux articulés, la centralisation est moins prononcée, et le cœur constitue moins un organe à part : dans les Insectes, les Arachnides et les Crustacés, on le distingue bien encore, mais il affecte la forme d'un utricule, qui, chez plusieurs Crustacés, s'étend le long du corps entier et ressemble à un tronc vasculaire, et qui, affectant aussi la même forme chez les Insectes, y porte le nom de vaisseau dorsal. Nous rappellerons ici qu'au moment de sa première apparition dans les embryons d'animaux vertébrés, le cœur a également une forme utriculaire (§ 441, 1°, 2°). Enfin, chez les Annelides, il est remplacé par des troncs vasculaires animés d'un mouvement pulsatif.

Dans les animaux sans vertèbres, cet organe est situé du côté de la surface supérieure, au dessus des centres de la sensibilité; c'est au dessous de ces derniers qu'on le trouve chez les vertébrés.

3° Il y a déjà dans les cœurs utriculiformes des fibres musculaires manifestement développées. Ces fibres constituent, dans les cœurs vésiculiformes, plusieurs couches, dont on compte même deux bien distinctes l'une de l'autre chez les Poissons. La plupart d'entre elles affectent une direction oblique ou spirale, et celles des diverses couches s'entrecroisent; mais il y en a aussi de circulaires, qui forment une couche

plus mince. Le tissu est plus ferme et plus consistant que dans les muscles soumis à l'empire de la volonté, et ne contient point de tissu cellulaire. La face interne est rendue inégale, chez l'homme et plusieurs Mammifères, par des faisceaux musculaires qui se détachent des autres, et font des saillies entre lesquelles on remarque des vides, disposition qui rend possible une contraction plus énergique.

4° La substance musculaire du cœur a des vaisseaux plus volumineux et reçoit par conséquent plus de sang que les muscles de même volume qui obéissent à la volonté. Ses artères sont, chez les animaux à sang chaud, les premières branches de l'aorte, ce qui ne tient pas uniquement au voisinage, mais paraît dépendre aussi de ce que le sang a des qualités artérielles plus prononcées là qu'ailleurs ; car, chez les Poissons, les artères cardiaques ne naissent point de l'artère branchiale qui sort du cœur, mais du commencement de l'aorte produite par le confluent des veines branchiales.

5° Les nerfs du cœur sont plus minces et plus mous que ceux des muscles soumis à la volonté. Ils partent du grand sympathique et du nerf de la dixième paire cérébrale ; c'est le premier surtout qui les fournit chez l'homme, et le second chez les animaux.

6° Le cœur utriculiforme est attaché à la paroi du corps par des muscles et des ligamens. Le cœur vésiculiforme des animaux vertébrés et des Mollusques est entouré d'une membrane séreuse ; le péricarde, qui le fixe aux parties voisines, l'isole, empêche qu'il ne soit comprimé dans les diverses attitudes du corps, et entretient sa mobilité par l'humidité et la lubrification de ses surfaces correspondantes. Chez les Mammifères et les Oiseaux, la moitié interne du péricarde, celle qui adhère au cœur, se réfléchit sur elle-même, à la jonction de cet organe avec les troncs vasculaires, et constitue ainsi la moitié extérieure ou pariétale, celle qui est libre. Chez plusieurs Poissons et Reptiles, on trouve encore des connexions filiformes entre les deux moitiés, principalement à la pointe du cœur. Le péricarde favorise les mouvemens du cœur ; si on l'ouvre sur un animal vivant, les battemens cardiaques deviennent plus violens, mais ils ne tardent

point à s'affaiblir, et ils cessent plus tôt que dans le cas de simple ouverture de la poitrine (1). Ce phénomène s'observe même chez les Poissons (2), de sorte qu'il ne tient point uniquement à l'influence de l'atmosphère et à sa température.

1. MOUVEMENS DU COEUR.

a. *Mouvemens du cœur en général.*

§ 706. La vie du cœur se manifeste par le mouvement, à l'aide duquel cet organe communique l'impulsion au sang.

I. Chez l'homme vivant,

1° On sent ce mouvement à l'endroit où répond la pointe du cœur, c'est-à-dire entre les cartilages de la cinquième et de la sixième côte du côté gauche. Le doigt, placé sur ce point, reçoit, à des intervalles réguliers, et qui correspondent au pouls des artères, une secousse qu'on ne peut attribuer qu'au choc du cœur, et qu'on nomme *battement* (*pulsus, ictus*).

2° Si l'on applique son oreille sur cette région de la poitrine, soit à nu, soit mieux encore après l'avoir couverte d'une feuille de papier, on sent également une secousse ou un ébranlement, produit par le choc du cœur. Laennec (3) fait remarquer que ce choc est en raison directe de l'épaisseur de la substance musculaire du cœur, et que, quand il est fort, on sent le cœur ne toucher d'abord qu'un point, puis choquer toute la surface indiquée plus haut, et ensuite se retirer tout à coup. En même temps on entend un bruit un peu sourd, immédiatement suivi d'un autre analogue, mais plus éclatant et plus court; puis vient une pause, après laquelle le phénomène se reproduit. Le stéthoscope est utile pour ces sortes d'observations. Laennec (4), qui a le premier appelé l'attention sur cet objet, compare le second bruit au claquement de la soupape d'un soufflet, ou au bruit qu'un chien fait en lapant. Ce mouvement, appréciable à l'oreille, provient incontestablement du courant du sang, car :

(1) Senac, Traité de la structure du cœur, t. II, p. 150.

(2) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. II, p. 140.

(3) Traité de l'auscultation médiate, t. III, p. 14, 18.

(4) *Loc. cit.*, p. 29, 46.

a. Il ressemble au clapotement d'un liquide.

b. Sa duplicité annonce qu'il se fait un écoulement dans deux espaces différens, tandis que le mouvement du cœur se décèle par un simple choc contre la paroi du thorax.

c. Il est d'autant plus fort et plus étendu, que la substance du cœur est plus mince, tandis que le choc sensible au toucher est d'autant plus faible que le cœur a moins d'épaisseur.

d. On remarque aussi qu'il dépasse le point indiqué, et se propage au-delà vers la droite, ou à la partie inférieure du sternum, c'est-à-dire dans l'endroit où la moitié droite du cœur est située, et où le battement du cœur ne se fait point sentir.

Quelquefois on n'entend qu'un seul bruit. Il n'est pas fort rare que celui-ci devienne assez fort, pendant l'excitation due aux passions, pour que l'on puisse l'entendre sur soi-même; il y a même des individus chez lesquels les autres peuvent le discerner dans l'état ordinaire. Littre (1), par exemple, parle d'un homme chez lequel on l'entendait quelquefois de dix pas (*).

II. Dans les vivisections, le mouvement du cœur devient visible; on voit qu'il consiste en expansion, pendant laquelle le sang pénètre dans l'organe, et en contraction, durant laquelle ce liquide est expulsé.

3° La contraction, ou *systole*, s'opère avec la rapidité de l'éclair. Le cœur se resserre sur lui-même; il devient plus ferme et plus dur; il se raccourcit, c'est-à-dire que sa base et son sommet se rapprochent, en même temps que le sommet se recourbe un peu. En ouvrant l'organe, on voit les parois latérales se rapprocher de la cloison, et celle-ci se raccourcir. Comme la systole a lieu d'une manière très-rapide, et qu'elle vide le cœur, il était assez facile de se laisser aller à l'illusion, et de croire que l'organe s'allonge, hypothèse dont Haller (2) a donné la réfutation. Lorsque l'activité vitale baisse,

(1) Hist. de l'Acad. des sciences, 1724, p. 25.

(*) Consultez, sur les bruits du cœur, Bouillaud, Traité clinique des maladies du cœur, Paris, 1835, t. I, p. 103.

(2) *Elem. physiolog.*, t. I, p. 390.

le mouvement devient plus lent, de manière qu'on a la facilité de l'observer; on voit alors que les fibres se raccourcissent, et que, de courbes qu'elles étaient, elles prennent une direction plus droite : il se produit sur quelques points des rides, qui se propagent par ondulations, jusqu'à ce que la portion entière du cœur se soit contractée. D'après Senac (1), les mouvemens vont de la base au sommet, puis du sommet à la base; suivant Treviranus (2), ils commencent aux deux extrémités, et se rencontrent dans le milieu. En général, l'harmonie des diverses parties du cœur cesse quelque temps avant la mort de l'organe, ces parties agissent indépendamment les unes des autres, et sans rhythme régulier, les mouvemens s'arrêtent sur un point, et se manifestent sur un autre, deviennent plus faibles, disparaissent, et se reproduisent tout à coup au bout de quelques instans, jusqu'à ce qu'enfin ils soient totalement éteints.

Dans les cœurs utriculiformes, le mouvement normal a un caractère ondulatoire, et procède d'arrière en avant.

4° Pendant l'extension, ou la *diastole*, le cœur devient plus mou, plus large et plus long; son sommet et sa base s'écartent l'un de l'autre, les parois latérales s'éloignent de la cloison, et les cavités s'agrandissent dans tous les sens. Haller a fait voir (3) qu'on s'était trompé en admettant des fibres musculaires spéciales pour opérer la diastole : l'ampliation en tous sens d'une cavité ne peut point être effectuée par des fibres musculaires contenues dans ses parois, et, sur quelques fibres du cœur qu'on fasse agir une cause irritante, jamais on ne voit survenir par là de diastole. Celle-ci est un état de repos, eu égard à la systole; aussi constitue-t-elle le dernier acte de la vie, de sorte qu'après la mort le cœur contient presque toujours du sang, et que l'état dans lequel on le trouve alors, ressemble davantage à la diastole qu'à la systole. Mais, dans la diastole, le cœur est plus dilaté qu'après la mort. Cet effet pourrait tenir à l'afflux du sang; cependant

(1) *Loc. cit.*, t. II, p. 142.
(2) *Biologie*, t. IV, p. 253.
(3) *Loc. cit.*, t. I, p. 387.

la diastole a lieu avant que le sang arrive, et ce liquide ne fait que la compléter, en déployant, par exemple, les inégalités du bord dentelé des oreillettes; elle a lieu, d'ailleurs, alors même qu'il n'arrive point de sang. On ne saurait non plus l'attribuer à l'élasticité des fibres musculaires, car elle est assez puissante pour que, comme l'avait déjà remarqué Pechlin, le cœur fasse violemment effort contre la main qui le comprime, et soulève des poids considérables; ainsi, par exemple, Œsterreicher (1) a vu le cœur d'un jeune Chien, qui pesait à peine une demi-livre, enlever de terre un poids de six livres et demie. A la vérité, comme ce mouvement eut lieu d'une manière subite, Œsterreicher croit qu'il dépendait de la systole. Vaust dit aussi avoir observé que le cœur fait effort pour écarter la main qui le serre, au même moment que celui où il serre le doigt plongé dans son intérieur, et conclut de là que cet effort de dedans en dehors se rattache à l'augmentation de l'épaisseur pendant la systole, explication adoptée également par Weber. Cependant il est très-difficile de bien distinguer les deux momens l'un de l'autre; j'ai toujours vu que la systole est instantanée, et que la diastole y succède avec la rapidité de l'éclair, que par conséquent ces deux phénomènes s'établissent avec une égale promptitude, et ne diffèrent l'un de l'autre que par leur durée, la systole ne s'opérant qu'après que la diastole a duré un instant. Or, comme les fibres du cœur forment des arcs dont la concavité est tournée vers les cavités de l'organe, ou en dedans, et que, quand elles se raccourcissent et se tendent, les arcs doivent devenir moins bombés, la convexité tournée vers la surface externe ne peut point être plus saillante, et en effet, lorsque le cœur se trouve à découvert, on acquiert aisément la conviction qu'il devient plus étroit pendant la systole. Ainsi donc, si nous persistons à considérer la diastole comme une extension active, et si en même temps nous sommes obligés de reléguer parmi les assertions non prouvées l'existence de l'atmosphère élastique du sang, ou du pneuma, à l'aide de laquelle on avait tenté de l'expliquer, il ne nous reste d'autre

(1) *Loc. cit.*, p. 31.

ressource que de voir, dans l'allongement des fibres musculaires qui alterne avec leur raccourcissement, un passage à l'état de repos, mais aussi un phénomène d'activité vitale.

b. *Rhythme des mouvemens du cœur.*

§ 707. Le mouvement du cœur a un rhythme qui dépend de la manière dont l'organe est divisé.

I. En effet, le cœur est partout composé de parties placées les unes à côté des autres, et qui se meuvent aussi les unes après les autres. Dans son état le moins parfait, quand il affecte la forme utriculaire, il résulte la plupart du temps d'un nombre plus ou moins considérable de segmens homogènes. Mais quand il revêt la forme vésiculaire, qui est plus parfaite, il ne présente que deux parties, hétérogènes à la vérité, dont l'une est veineuse, c'est-à-dire fait corps avec les veines, et reçoit d'elles le sang, tandis que l'autre est artérielle, c'est-à-dire donne naissance aux artères, et chasse le sang dans leur intérieur.

1° L'*oreillette* (*atrium*, *sinus*, *auricula*), qui occupe la base du cœur, et qu'on peut regarder comme une dilatation des troncs veineux, forme un espace dans lequel le sang s'accumule, afin de pouvoir être chassé avec plus de force dans le ventricule. Après que l'oreillette s'est dilatée, elle se remplit du sang qu'y amènent les veines; son appendice s'emplit le dernier. Puis la totalité du sac se contracte, de la base au sommet, c'est-à-dire dans la direction du ventricule. Le reflux du sang ainsi comprimé est prévenu, chez plusieurs Reptiles, par des valvules situées à l'origine de chaque veine : dans les Oiseaux et les Mammifères, il n'y a point de valvules aux veines pulmonaires, et l'on n'en trouve qu'aux veines cardiaques, et en partie aussi aux veines caves. Dans l'homme, les veines cardiaques seules sont ainsi garanties, et comme la valvule d'Eustache qui couvre la veine cave inférieure, jointe au poids de la colonne du sang contenu dans la veine cave supérieure, ne s'oppose au reflux que d'une manière incomplète, il n'y a que l'afflux du sang contenu dans le système veineux qui empêche efficacement ce liquide de ressortir du cœur, pour rentrer dans les veines.

2° Le *ventricule* (*ventriculus*), que l'épaisseur de ses parois et la force de sa substance musculeuse rendent la partie principale du cœur, est maintenu ouvert, à son entrée (*ostium venosum*), par un anneau tendineux; on ne trouve là que des fibres longitudinales de l'oreillette qui, en se contractant, ne closent point cet orifice, et, loin de là même, contribuent en quelque sorte à l'ouvrir. De cet anneau pendent des replis de la membrane vasculaire commune, constituant des valvules, dont le feuillet interne est la continuation directe de la membrane de l'oreillette, aux fibres longitudinales de laquelle il donne attache, tandis que le feuillet externe se continue avec la membrane du ventricule, aux muscles longitudinaux internes (colonnes charnues) duquel il fournit insertion, au moyen de leurs tendons. Le sang pénètre, comme un coin, entre les valvules du cœur, et, en remplissant le ventricule, il les refoule contre les parois de cette cavité, notamment sur le point occupé par son issue (*ostium arteriosum*), de sorte que celle-ci se trouve bouchée, et que, pendant sa diastole, le ventricule, ne pouvant laisser échapper le sang, est obligé de s'en remplir complétement. Cette occlusion n'est complète que dans le ventricule aortique; si elle est imparfaite dans le ventricule pulmonaire, nous en trouvons la cause mécanique, d'abord dans l'ampleur plus considérable de ce ventricule, dont l'issue est beaucoup plus éloignée de l'entrée, ainsi que de la pointe du cœur, de sorte que le sang ne parvient point aussi vite à la sortie, ensuite dans cette circonstance que, les poumons étant situés tout auprès du cœur, ils n'ont pas besoin d'une onde aussi forte, de manière que le ventricule peut sans inconvénient laisser échapper un peu de sang pendant sa diastole.

En se contractant, le ventricule chasse le sang vers la base, puisque la pointe du cœur se rapproche de cette dernière; le liquide se trouve donc poussé vers les deux embouchures, c'est-à-dire vers l'oreillette et vers l'artère. Quant à ce qui concerne l'entrée, elle est close par les valvules, de sorte que la systole du ventricule ne peut faire refluer le sang dans l'oreillette. Le liquide se bouche lui-même cette voie, puisqu'en marchant de la pointe à la base du cœur, il s'accumule

entre les parois ventriculaires et les valvules, fait effort sur la face extérieure de celles-ci, les tend comme des voiles, les refoule en dedans, et les oblige à clore l'ouverture. Mais je crois qu'il y a en outre une activité vitale qui contribue à cette occlusion, point de doctrine que j'ai examiné amplement ailleurs (1). En effet, si les valvules du cœur se comportaient d'une manière purement passive, comme l'admet Œsterreicher (2), entre autres, et qu'elles ne fussent consolidées par des fibres tendineuses, dans quelques points de leur bord libre, qu'afin d'empêcher le sang de les chasser dans l'oreillette, les colonnes charnues que ces tendons terminent seraient absolument inutiles. Mais ce sont des muscles longitudinaux particuliers, qui se dégagent des parois du cœur, s'implantent à l'extrémité pointue du ventricule, s'y réunissent en un cercle très-serré, et dont l'autre bout se termine par des filamens tendineux, dirigés eux-mêmes, en divergeant, vers l'anneau tendineux de l'entrée, allant gagner le feuillet externe des valvules, et s'y épanouissant en façon de palmettes. Il n'est pas douteux que ces muscles se contractent pendant la systole; mais alors ils doivent, en vertu de leur situation, tirer les valvules de haut en bas et de dehors en dedans, les rapprocher de l'axe, les écarter des parois; et cet effet doit d'autant plus avoir lieu, que les colonnes charnues sont unies par des faisceaux musculaires transverses qui, en se raccourcissant, les ramènent davantage encore dans l'axe du ventricule. Or les valvules ayant pris ainsi la forme d'un entonnoir, il reste entre les filets tendineux des vides au moyen desquels le sang arrive à la face externe des replis valvulaires, de sorte que, par la pression qu'il exerce alors de dehors en dedans, il complète l'occlusion que l'activité musculaire vivante avait commencée. A la vérité, on peut objecter contre cette théorie, que Haller (3) a trouvé les filamens tendineux relâchés pendant la systole du ventricule; mais, toutes les fois qu'on ouvre le cœur, son action est plus ou moins trou-

(1) *Berichte von der anatomischen Anstalt*, t. III, p. 19-45.

(2) *Loc. cit.*, p. 21.

(3) *Opera minora*, t. I, p. 224.

blée, et l'observation rapportée par Haller présente trop de difficultés, prête même trop à l'illusion, pour que nous puissions l'accueillir en toute confiance, d'autant plus qu'elle est isolée. Chez les Oiseaux, la valvule entière du cœur droit consiste en un fort muscle, de sorte que le reflux du sang contenu dans le ventricule pulmonaire se trouve empêché de la manière la plus complète, et que ce liquide peut être lancé dans l'artère pulmonaire avec une grande vigueur, rendue nécessaire par la structure des poumons, qui semble exiger que des dispositions spéciales aident à la circulation dans ces organes. Chez les Poissons, la valvule du cœur a en partie la forme d'une poche, et sa conformation ressemble à celle des valvules artérielles; mais, toutes les fois qu'elle pend dans le ventricule, elle est pourvue de muscles : cette règle ne souffre pas d'exceptions.

3° Dans les cœurs utriculaires, le mouvement se propage d'une manière ondulatoire. Dans les cœurs vésiculaires, considérés en général, il suit la série des parties hétérogènes, de sorte que, pendant qu'une d'elles se vide par systole, la suivante s'emplit par diastole. Cependant cette alternation n'est point observée à la rigueur. Les veines alternent avec les oreillettes; elles se contractent et se vident, quand celles-ci se dilatent; cependant les fibres des veines caves sont unies d'une manière si intime avec celles de l'oreillette, qu'on peut concevoir la simultanéité d'action des deux parties (1), quoiqu'elle ne soit pas démontrée par l'expérience. Tout changement du ventricule succède à un changement semblable de l'oreillette, mais de telle manière que l'état de diastole est celui dans lequel les deux parties persévèrent le plus longtemps. En effet, chez les Mammifères et les Oiseaux, l'oreillette a moins de capacité que le ventricule; la différence n'est point aussi considérable, à la vérité, que semblerait l'annoncer le volume, d'après lequel elle serait de 1 : 2, parce que l'oreillette a des parois plus minces, et par conséquent une cavité plus spacieuse eu égard à son volume; cependant elle est portée assez loin encore pour que le ventricule ne

(1) Autenrieth, *Handbuch der empirischen Physiologie*, t. I, p. 197.

puisse point être rempli entièrement par la systole de l'oreillette, surtout si cette dernière laisse refluer un peu de sang dans les veines caves. Nous pouvons donc admettre les temps suivans :

a. L'oreillette entre en diastole, et commence à recevoir le sang des veines, tandis que le ventricule est en systole et se vide.

b. Ensuite le ventricule entre en diastole, et commence à s'emplir du sang de l'oreillette, qui est également en diastole.

c. Enfin l'oreillette entre en systole, ce qui fait que le ventricule arrive au point culminant de sa diastole.

Mais, à ce troisième temps, succède immédiatement le premier, et les deux temps s'écoulent avec tant de rapidité que, pris ensemble, ils ont une durée infiniment plus courte que celle du second. Ainsi la systole du ventricule succède si promptement à celle de l'oreillette que, la plupart du temps, on ne peut point les distinguer l'une de l'autre, et qu'elles ne semblent faire qu'un, après quoi a lieu une pause pendant laquelle les deux portions du cœur sont en diastole. En conséquence, la systole de l'oreillette est en quelque sorte l'*échappement* du battement proprement dit du cœur, ou de la systole du ventricule, et elle paraît n'avoir d'autre but que de produire un choc du sang qui détermine le ventricule déjà presque rempli à se contracter. Ces deux temps de la systole ne peuvent être sensiblement distingués l'un de l'autre que quand la circulation est fort lente, comme peu avant la mort, ou pendant le sommeil d'hiver, circonstance dans laquelle ils ont été observés par Wedemeyer (1) entre autres. La durée de la systole entière (du premier et du troisième temps) est à celle de la diastole (du second temps) à peu près dans la proportion de 1 : 3.

4° La combinaison qui vient d'être décrite est normale. Celle qu'on rencontre le plus fréquemment après elle, dans les vivisections, consiste en ce que l'oreillette se contracte deux ou même cinq à dix fois, de sorte que le cœur s'essaie en

(1) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1828, p. 344.

quelque sorte plusieurs fois avant d'en venir à une systole complète. Ce phénomène a lieu surtout aux approches de la mort, quand l'irritabilité du ventricule est très-émoussée, ou l'onde de sang et la contraction de l'oreillette trop faibles. Il avait déjà été observé par Walther (1), Haller (2), et autres. Wedemeyer l'a vu aussi quelquefois chez un Hérisson plongé dans le sommeil d'hiver.

5° Il y a encore une autre combinaison, dans laquelle les contractions de l'oreillette et du ventricule alternent d'une manière uniforme, ou se succèdent après des pauses égales. Ce *tic-tac* qui, d'après Œsterreicher (3), serait ordinaire chez les Poissons, les Grenouilles et les embryons des Oiseaux, est extrêmement rare chez les animaux à sang chaud. Il dépend de ce que l'oreillette a plus d'indépendance et surpasse le ventricule en volume; car on retrouve cette proportion chez les animaux à sang froid et dans les embryons des animaux à sang chaud (§ 441, 6°).

6° Nichols regardait le battement simultané de l'oreillette et du ventricule comme normal; mais c'était une erreur, tenant à la rapidité des deux battemens. Œsterreicher dit cependant avoir observé quelquefois ce phénomène chez des animaux à sang chaud.

(Sous le rapport du rhythme des battemens du cœur, mes observations ne sont pas parfaitement d'accord avec celles d'Œsterreicher. Chez les animaux à sang chaud, la contraction des oreillettes semble être, en quelque sorte, l'échappement de celle des ventricules; or, en y regardant de près, je trouve la même chose aussi chez les Grenouilles. Le temps qui s'écoule depuis la contraction du ventricule jusqu'à celle de l'oreillette, est plus long dans ces animaux, et double de celui qui se trouve compris entre la contraction de l'oreillette et celle du ventricule; c'est pendant sa durée qu'a lieu la contraction du bulbe de l'aorte, qui par conséquent n'est isochrone ni avec celle de l'oreillette ni avec celle du ventri-

(1) *Experimenta in vivis animalibus revisa*, p. 13.
(2) *Opera minora*, t. I, p. 56, 152.
(3) *Loc. cit.*, p. 25.

cule. La contraction du bulbe de l'aorte extirpé s'aperçoit encore très-distinctement à la loupe, tandis que le reste du système aortique n'en montre aucune trace.) (1)

II. Pendant toute la vie, chez les animaux à sang froid, notamment les Poissons et les Batraciens, et durant les premières périodes seulement de la vie embryonnaire, chez ceux à sang chaud, le cœur est une série simple de parties, qui, dans ces derniers, se résout, par les progrès du développement, en deux oreillettes et deux ventricules (§ 441, 4°, 5°). Les parties homonymes agissent simultanément, attendu que la cloison et même une portion de la couche musculaire extérieure leur appartiennent en commun. Nichols était tombé dans l'erreur en disant que les moitiés droite et gauche du cœur se meuvent alternativement. Mais la moitié gauche est plus puissante que l'autre, et détermine les mouvemens de la droite. Comme le ventricule, qui chasse le sang dans le corps, l'emporte sur l'oreillette, qui reçoit ce liquide, et constitue la partie la plus essentielle du cœur, de même aussi le principal rôle appartient au ventricule gauche, parce qu'il envoie du sang à tous les organes sans exception. Ce ventricule envahit une plus grande partie de la cloison, et quand on coupe le cœur en travers, il représente une cavité parfaitement ronde, à laquelle le ventricule droit s'applique en forme de cavité modelée sur lui et semi-lunaire. Il a une paroi latérale plus épaisse, car son épaisseur est à celle du ventricule droit, comme 1 : 1,30 chez l'enfant, et comme 1 : 2,5 chez l'homme (*). Après avoir été incisé, il reste béant, tandis que celui du côté droit s'affaisse sur lui-même. Il se raccourcit plus énergiquement, ou chasse le sang avec plus de force de la pointe vers les deux ouvertures, tandis que le droit se contracte davantage dans le sens de sa largeur. Mais l'oreillette gauche est aussi plus forte que la droite, et, d'après Haller (2), ses fibres se contractent beau-

(1) Addition de J. Muller.

(*) Bouillaud (Traité des malad. du cœur, t. I, p. 55) dit qu'en général l'épaisseur des parois du ventricule droit est à celle des parois du ventricule gauche dans la proportion de 2 : 5 ou même de 1 : 3.

(2) *Opera minora*, t. I, p. 225.

coup plus rapidement, lorsque l'activité vitale vient à baisser.

7° Nous avons vu (§ 509, 2°) que la moitié droite du cœur, qui était la plus étroite chez l'embryon, commence à s'agrandir après la première respiration, et que peu à peu (§ 560, 4°) elle devient plus spacieuse que la gauche, de sorte qu'elle contient aussi davantage de sang. Cette inégalité avait été reconnue par Winslow, Senac, Haller, Sœmmerring, Meckel, Legallois, etc., et démontrée par des mesures prises à l'aide de liquides. D'autres l'avaient révoquée en doute, disant que les mesures sont incertaines, en ce que la paroi plus mince de la moitié droite cède plus que celle de la gauche à la distension produite par les liquides. Legallois (1) tenta d'écarter ces objections, en pétrissant la moitié gauche avec du mercure, avant de la mesurer, jusqu'à ce qu'elle fût complétement molle : les mesures prises ensuite lui apprirent que, dans les Chats, les Chiens, les Cochons d'Inde et les Lapins, la capacité du cœur gauche est à celle du cœur droit depuis 1 : 1,10 jusqu'à 1 : 1,20, mais parfois aussi de 1 : 2; sur vingt-trois cas, il n'y eut qu'une seule exception. Il me paraît hors de doute aussi, d'après le résultat des injections, que le ventricule pulmonaire est ordinairement plus spacieux que l'aortique (*). Comme ce dernier reçoit le sang de l'autre par la voie détournée des poumons, et que cependant il ne lui arrive point autant de sang que le droit en avait contenu, on se demande ce qu'est devenu cet excès de sang. Il n'y a que trois cas possibles : ou le sang s'est perdu dans les poumons, ou il est resté dans le cœur droit, ou il a reflué de ce cœur; une quantité correspondante de sang ne peut point être consommée dans les poumons, car la somme des gaz expirés ne dépasse au moins pas celle de l'air inspiré, et l'exhalation aqueuse ne s'élève au plus qu'à un dixième de grain pendant un battement du cœur, tandis que le ventricule aortique contient près

(1) Œuvres, t. I, p. 330.

(*) D'après les recherches de Bouillaud (Traité clinique des maladies du cœur, t. I, p. 56), la *moyenne* de la capacité du ventricule droit l'emporte sur celle du ventricule gauche; mais la différence est assez faible.

de cent grains de sang de moins que le pulmonaire; or, une telle quantité de sang ne pourrait pas disparaître d'une autre manière dans les poumons. Les deux autres cas possibles doivent être examinés sous un point de vue plus général.

2. EFFETS DES MOUVEMENS DU COEUR.

a. *Effets sur le sang.*

§ 708. En effet, la question se présente ici de savoir jusqu'à quel point la systole du cœur agit sur le sang.

I. Nous avons d'abord à rechercher si cette systole chasse tout le sang, ou s'il en reste une certaine quantité, soit parce que le ventricule ne se contracterait point avec assez de force, soit parce que les enfoncemens qui existent entre les faisceaux musculaires de la surface interne retiendraient un peu de liquide. Ces enfoncemens diminuent de capacité ou même s'effacent dans une systole vigoureuse, de sorte qu'ils ne retiennent point de sang nécessairement et dans toutes les circonstances. Mais tout dépend ici du plus ou moins d'énergie de la force musculaire. Or, comme celle-ci n'est la même ni chez tous les individus, ni dans tous les temps, on ne peut rien établir de général à cet égard. Sœmmerring (1) fait remarquer que, chez les hommes en santé qui périssent de mort subite, on trouve le cœur entièrement vide, tandis que, dans les cadavres des individus débiles, hydropiques, etc., il est flasque et rempli de sang. Fontana prétend que le cœur des animaux à sang chaud ne se vide pas d'une manière complète, parce que quand, après avoir lié les veines pulmonaires et fait la section de l'aorte, il irritait le ventricule gauche, afin de le déterminer à exécuter des contractions répétées, un peu de sang restait à sa pointe. Mais les phénomènes ainsi observés dans des circonstances contraires à l'ordre naturel des choses ne doivent être appliqués qu'avec réserve à l'état de santé. Suivant Blumenbach (2), le cœur des Reptiles se vide complétement et jusqu'aux dernières gouttes; mais Spallanzani (3) assure qu'il reste un peu de sang dans celui

(1) *Gefæsslehre*, p. 55.

(2) *Kleine Schriften*, p. 76.

(3) Expér. sur la circulation, p. 136.

des Salamandres, et que l'évacuation complète n'a lieu que chez certains individus(1). D'après tous ces faits, l'évacuation complète du ventricule gauche paraît être un phénomène très-variable et nullement essentiel. Quant au ventricule droit, sa force musculaire moindre et les enfoncemens plus nombreux de sa surface interne semblent le prédisposer d'une manière spéciale à ne point se vider entièrement, et l'on trouve presque toujours du sang dans son intérieur; cependant cette dernière particularité peut tenir à ce que, la plupart du temps, la circulation s'arrête d'abord dans les artères pulmonaires, tandis que l'oreillette droite continue encore de recevoir du sang; il est possible aussi que la réticulation plus prononcée de la face interne du ventricule droit ait pour but de mêler le sang (§ 746). D'ailleurs, comme on trouve quelquefois ce ventricule entièrement vide, son évacuation incomplète ne peut être employée d'une manière certaine pour expliquer le phénomène dont il a été parlé plus haut (§ 707, 7°).

II. Si nous jugeons d'après des phénomènes analogues de la périodicité (§ 593), on peut très-bien admettre un reflux partiel du sang.

1° Le mécanisme des oreillettes rend ce reflux tellement possible, qu'on est fondé à le considérer comme presque inévitable. En effet, les orifices des veines caves et des veines pulmonaires ne sont point clos par des valvules, surtout chez l'homme (§ 707, 1°). La contraction de l'oreillette doit bien chasser la plus grande partie du sang dans le ventricule encore dilaté et non entièrement plein; mais la dernière ondée de ce liquide, celle qui se rapproche le plus du tronc veineux, ne pouvant pas suivre le courant pendant la systole, dont la rapidité égale celle de l'éclair, elle doit refluer dans la veine, où elle ne rencontre d'autre résistance que celle du courant veineux. Le reflux doit pouvoir s'opérer d'autant plus facilement que cette résistance est plus faible, et celle, au contraire, que rencontre l'écoulement par les artères, plus considérable. Ici nous voyons bien clairement la différence qui existe entre le cœur droit et le cœur gauche; le premier

(1) *Ibid.*, p. 239.

conduit le sang d'un très-vaste espace (le système des veines caves) dans un autre resserré (l'artère pulmonaire), où les vaisseaux capillaires ne tardent pas à lui opposer une grande résistance, tandis que le liquide refluant trouve aisément place dans les veines caves ; le cœur gauche, au contraire, fait passer le sang de l'espace étroit des veines pulmonaires dans l'ample domaine du système aortique, dont les larges troncs et ramifications peuvent le recevoir avant qu'il rencontre la résistance des capillaires. Il faut encore ajouter une particularité de la structure du cœur; lorsque l'oreillette gauche est fortement remplie, par exemple dans l'expiration, sa paroi se presse contre l'oreillette droite, à la face interne de laquelle elle produit, entre l'orifice du ventricule pulmonaire et celui de la veine cave supérieure, une saillie (*tuberculum* de Lower, *insula* de Cotugno) qui gêne le passage de la partie supérieure de l'oreillette dans l'embouchure du ventricule, et favorise le reflux du sang dans la veine cave supérieure.

Si donc nous concluons, de la disposition mécanique des parties, que l'oreillette droite surtout rejette une partie de son sang dans les troncs veineux, cette conclusion paraît être justifiée par la remarque que l'oreillette gauche, dans laquelle le même phénomène ne peut point avoir lieu aussi facilement, est un peu plus spacieuse. Mais elle l'est également par l'observation directe. On voit, comme le dit entre autres Spallanzani (1), une partie du sang refluer dans les veines caves. La portion qui rétrograde ainsi est peu considérable, à la vérité, dans l'état de santé ; mais quand la résistance augmente du côté artériel, le sang reflue en telle quantité et avec tant de violence, que les troncs et même en partie les branches des veines caves éprouvent une pulsation correspondante à la systole de l'oreillette. Ce pouls veineux passif (2), qui peut dépendre, par exemple, d'une hypertrophie du ventricule droit compliquée de rétrécissement (*), s'étend jusqu'à la

(1) *Loc. cit.*, p. 199.

(2) Laennec, De l'auscultation médiate, t. III, p. 184, 185.

(*) Consultez, sur les battemens du cœur dans l'état anormal, Bouillaud, Traité clinique des malad. du cœur, t. I, p. 139.

veine jugulaire interne, vers la région inférieure du cou, et jusqu'au commencement des veines sous-clavières, comme on le voit fréquemment chez l'homme; il s'étend aussi au tronc de la veine cave inférieure et à quelques unes de ses branches, comme on peut parfois s'en convaincre sur l'homme par le toucher, et sur les animaux pendant les vivisections. Dans ce dernier cas, un reflux qui s'étend jusqu'aux plus prochaines valvules s'aperçoit fréquemment avant la mort et quand les contractions du cœur s'exécutent d'une manière irrégulière, et il est souvent porté au point que l'oreillette chasse à plusieurs reprises le sang dans les veines caves, avant de le faire passer dans le ventricule (§ 707, 4°).

2° Au commencement de la systole des ventricules, il y a encore, en dedans du cercle des valvules cardiaques, du sang que le mouvement dirigé de la pointe vers la base doit rejeter dans l'oreillette, mais qui peut aussi parvenir jusque dans les veines. Or le pouls passif de la veine jugulaire est infiniment plus fréquent dans le cas d'obstacle à ce que le ventricule droit se vide, que dans celui d'obstacle à l'évacuation de l'oreillette droite; il suffit même d'un effort violent ou d'une suspension de la respiration qui trouble la circulation dans les poumons, pour déterminer la veine jugulaire à battre (1). Ce qui contribue encore à rendre le reflux plus possible dans le ventricule droit, c'est que, suivant la remarque de Legallois (2), l'entrée de ce ventricule est plus grande que celle du ventricule aortique, et moins exactement close par la valvule. Il est donc vraisemblable que ce reflux a lieu aussi dans l'état normal, quoiqu'à un degré plus faible, et que c'est lui qui compense la différence de capacité entre le ventricule droit et le ventricule gauche.

3° Le sang qui coule des ventricules dans les artères fait effort comme un coin pour passer entre les valvules artérielles, et les repousse dans les artères, contre les parois desquelles il les applique. Comme ces valvules ont leur bord libre garni d'une bandelette cartilagineuse, elles reviennent sur elles-

(1) Haller, *Opera minora*, t. I, p. 223.
(2) Œuvres, t. I, p. 336.

mêmes, en vertu de leur élasticité, dès que la pression du sang qui sort du cœur vient à cesser : si donc le sang contenu dans l'artère reflue vers le cœur, il trouve l'orifice bouché, et contribue même à le clore mieux encore, parce qu'il s'engage dans les valvules et les tend davantage. Ainsi, dans l'état normal, il n'y a point possibilité que le sang reflue des artères dans les ventricules ; les valvules établissent une limite infranchissable entre le cœur et ces vaisseaux, tandis que le sang forme un courant continu depuis les veines jusqu'aux ventricules. A la vérité, Fontana prétend que la distension des valvules artérielles est l'effet seulement du sang qui reflue, et qu'en s'étalant ces replis refoulent une certaine quantité de liquide vers le cœur, parce qu'ils coupent en deux la colonne engagée dans l'orifice ; mais si les ventricules se sont complétement vidés par leur systole, le sang a été incontestablement chassé au-delà des valvules artérielles, et celles-ci se ferment d'elles-mêmes ; car on les trouve closes après la mort quand le cœur est vide en totalité, et elles le sont aussi lorsqu'on a injecté les artères par les ventricules (1).

III. La quantité de sang qui sort du cœur à chaque systole ne peut être appréciée par l'observation directe que dans les vivisections, hors desquelles il n'y a d'autre moyen d'en juger que d'après la capacité des ventricules. Mais comme cette capacité n'est point parfaitement la même chez tous les individus, comme l'énergie de la systole et le degré auquel le cœur se vide varient beaucoup, comme aussi la quantité de sang qui reflue dans l'oreillette et les veines est plus ou moins considérable en raison du plus ou moins de liberté de la circulation, on ne peut arriver qu'à une évaluation approximative. Suivant Hales, le cœur du Cheval chasse six onces de sang dans l'aorte. Chez l'homme, le ventricule aortique reçoit, terme moyen, au-delà d'une once et demie de sang, et comme il reflue moins, on peut admettre qu'il lance une once et demie de ce liquide dans l'aorte. La capacité du ventricule droit dépasse deux onces, et s'il en reflue plus d'une demi-once de sang dans l'oreillette, le ventricule envoie une once et

(1) Burdach, *Berichte von der anatomischen Anstalt*, t. III, p. 26.

demie de liquide dans l'artère pulmonaire, de sorte qu'il y a égalité sous ce rapport entre les deux moitiés du cœur.

b. *Effets des mouvemens du cœur sur ses parois.*

§ 709. Il nous reste encore à expliquer deux phénomènes, dont il est aussi facile de constater l'existence par l'observation que difficile d'apprécier les rapports de causalité ; ce sont le choc du cœur contre les parois de la poitrine (§ 706, 1°) et le double bruit qu'on entend pendant les mouvemens de cet organe (§ 706, 2°).

I. Jusqu'à nos jours, le choc du cœur contre la poitrine a été attribué à la systole des ventricules, et diversement expliqué (1°-4°).

1° L'hypothèse la plus simple consistait à admettre que les ventricules s'allongent pour venir heurter la paroi thoracique, qui en est distante d'un pouce environ. Mais il est prouvé (§ 706, 3°) que les ventricules se raccourcissent, que par conséquent ils s'éloignent de la paroi thoracique.

2° Senac (1), Hunter et autres pensaient qu'en venant à se remplir soudainement, la crosse de l'aorte tend à se redresser en vertu de la résistance qu'éprouve le sang, et que, comme elle ne peut point se porter en arrière, elle se dirige en avant et y pousse le cœur. Mais d'abord, et cette remarque a déjà été faite par Carson (2), il est inexact de dire qu'un tube courbe et flexible se redresse quand on injecte un liquide dans son intérieur. En second lieu, il est prouvé (§ 710, 1°) que, pendant la systole du cœur, l'aorte ne se trouve pas poussée vers cet organe, mais qu'elle s'en écarte, et qu'elle se porte en avant dans le sens du courant. Enfin, l'aorte de beaucoup d'animaux n'a point de crosse, et cependant on sent très-distinctement les battemens du cœur chez eux.

3° Haller (3), qui avait vu la pointe du cœur s'infléchir un peu pendant le raccourcissement de l'organe dans la dia-

(1) *Loc. cit.*, t. II, p. 49.
(2) *An inquiry into the causes of the motion of the blood*; p. 186.
(3) *Opera minora*, t. I, p. 56.

stole, admettait (1) qu'elle vient frapper les côtes en se rapprochant de la base et se recourbant, opinion qu'adoptèrent la plupart des physiologistes, entre autres Sœmmerring (2) et Treviranus (3). Mais je n'ai jamais vu cette inflexion de la pointe du cœur portée assez loin pour qu'on puisse lui attribuer un tel effet. Du reste, l'hypothèse de Haller supposerait, entre la situation du cœur et les côtes, un rapport qui n'existe pas, car la rencontre de ces dernières par la pointe recourbée de l'organe serait absolument impossible chez la plupart des Mammifères, qui ont le cœur perpendiculaire, la base tournée vers la colonne vertébrale et la pointe vers le sternum.

4° Senac (4) et Carson (5) ont admis enfin que la pointe du cœur se reporte bien en arrière et s'écarte ainsi de la paroi thoracique pendant la systole des ventricules, mais qu'en se remplissant les oreillettes, notamment la gauche, qui touche à la colonne vertébrale, la ramènent en avant et la poussent vers les côtes. Mais la réplétion des oreillettes n'est pas tellement subite qu'il dût s'ensuivre que le cœur battît contre la poitrine, et ce battement cesse tout à coup, le cœur se retire manifestement en arrière, pendant que la réplétion qu'on prétend être ainsi la cause de sa projection, non seulement persiste, mais même augmente encore. Cependant cette hypothèse, en elle-même insoutenable, conduit à une opinion que nous suggère d'ailleurs déjà l'insuffisance de toutes celles dans lesquelles on attribue le battement du cœur à la systole des ventricules.

5° Cette autre opinion a été émise naguère par Corrigan et Stockes, qui pensent que, pendant la systole des oreillettes, les ventricules, gorgés de sang et portés au plus haut degré de la diastole, s'allongent, se portent en avant et viennent heurter les côtes, dont ils s'éloignent par leur systole subite. Voulant observer immédiatement le choc du cœur contre les parois de la poitrine, j'ai pratiqué plusieurs vivisections, no-

(1) *Ibid.*, p. 226.
(2) *Gefæsslehre*, p. 56.
(3) *Biologie*, t. IV, p. 253.
(4) *Loc. cit.*, t. II, p. 50.
(5) *Loc. cit.*, p. 187.

tamment sur des Lapins et des Chevaux ; mais les mouvemens désordonnés qui ont lieu dans ces sortes d'expériences, et qui font si rapidement place au repos de la mort qu'ils exigent la plus grande précipitation de la part de l'observateur, ne m'ont point permis d'atteindre complétement au but, et la respiration artificielle entretenue chez les Lapins après la cessation de la vie, déterminait des battemens du cœur trop faibles pour que l'organe pût atteindre jusqu'à la paroi thoracique. Cependant je me suis convaincu que la pointe se porte réellement en avant pendant la systole des oreillettes, et qu'elle se retire en arrière pendant celle des ventricules. Stokes a remarqué aussi, chez des Lapins, en posant le doigt sur la pointe du cœur, qu'elle se portait en arrière à chaque systole des ventricules et en avant à chacune de leurs diastoles; chez une Chèvre, ce mouvement avait deux à trois lignes d'étendue (1).

Un autre motif d'admettre cette opinion tient à ce que le battement des artères ne s'effectue pas au même moment que celui du cœur, mais un instant après. Il n'est point très-facile d'arriver à la certitude sous ce rapport; car, d'un côté, la systole du ventricule suit de si près celle de l'oreillette, qu'on ne peut pas toujours la distinguer, même sur le cœur mis à découvert (§ 707, 3°), comme aussi la rétraction du cœur s'opère si promptement, après le choc contre la poitrine, que le mouvement entier semble n'être qu'une simple convulsion ; d'un autre côté, il faut un certain effort pour bien observer deux objets à la fois avec un même sens, puisque ordinairement l'attention se fixe de préférence sur l'un d'eux. On peut faire des observations sur soi-même, en posant la main droite sur la région du cœur, et la gauche sur la carotide ou sur l'artère radiale de la main droite, et ce mode a de l'avantage, en ce qu'il permet de choisir un moment où les battemens du cœur sont moins fréquens, et d'observer long-temps avec tout le calme nécessaire. L'expérience paraît être plus facile encore sur des Chevaux, parce que les battemens du cœur sont moins fréquens chez les animaux ; on les observe

(1) Froriep, *Notizen*, t. XXIX, p. 150.

en appliquant la main sur la région cardiaque, tandis qu'un autre examine une artère, par exemple la maxillaire, et indique avec précision chaque pulsation par un son ou par un mouvement visible. J'ai mis ces deux méthodes en pratique; de même qu'à Corrigan et Stockes, elles m'ont fait reconnaître quelquefois, mais pas toujours, la succession des deux battemens. Ce qu'il y a d'important, c'est que celle-ci avait déjà été constatée par des observateurs dont l'impartialité n'était obscurcie par aucune vue théorique, notamment par Sœmmerring (1), qui dit que l'intervalle est de deux tierces, et par Steinbuch (2). Magendie (3), qui avait fait la même remarque, attribuait la pulsation plus tardive des artères à ce que l'impulsion du cœur exige un certain laps de temps pour se propager; mais l'intervalle devrait alors n'être sensible que dans les artères les plus éloignées du cœur, et non dans celles qui s'en rapprochent (§ 701, 2°). Au reste, Pigeaux a remarqué que le pouls des artères en général alterne avec le choc du cœur contre les parois de la poitrine (4).

Enfin Stockes (5) a reconnu que la pulsation de la veine jugulaire, qui provient de la systole de l'oreillette droite (§ 708, 1°), est parfaitement isochrone avec le battement du cœur.

Nous devons donc admettre comme prouvé que le battement du cœur dépend de la diastole des ventricules, de même que le pouls tient à celle des artères.

II. Des opinions diverses ont été émises à l'égard du bruit que l'on discerne en appliquant l'oreille sur la région du cœur. Laennec (6) attribuait à la systole des ventricules le bruit sourd, qui est plus fort et plus prolongé, et à celle des oreillettes, le bruit clair, qui est plus faible et de plus courte durée. Turner est d'accord avec lui quant au premier, mais croit que la systole des oreillettes ne s'entend point du tout, ou du moins

(1) *Gefæsslehre*, p. 100.

(2) Hufeland, *Journal der praktischen Heilkunde*, t. XLI, p. 50.

(3) Journal de physiologie, t. I, p. 104.

(4) Archives générales, t. XXII, p. 423.

(5) *Loc. cit.*, p. 152.

(6) Traité de l'auscultation médiate, t. III, p. 29.

qu'elle se fait entendre simultanément avec celle des ventricules, et que le second bruit provient ou de l'affaissement du péricarde soulevé, ou peut-être aussi de la diastole (1). Williams regarde le premier bruit comme l'effet de la systole simultanée des ventricules et des oreillettes, et fait dépendre le second des valvules (2). Despine (3) attribue le premier à la systole des ventricules, et le second à leur diastole. Enfin, selon Corrigan, le premier se rattache à la systole des oreillettes, et l'autre à celle des ventricules (4). Cette opinion, partagée aussi par Stockes et Pigeaux (5), est la seule fondée; mais elle n'a point été présentée d'une manière parfaitement claire, ce que nous allons essayer de faire.

6° Comme le bruit en question suit parfaitement le type de l'activité musculaire du cœur, il doit dépendre de celle-ci, mais non d'une manière immédiate, c'est-à-dire qu'il ne peut point tenir à ce que la paroi frappe contre le sang pendant la systole, car la systole n'a lieu, dans chaque partie, que quand elle est entièrement pleine de sang, c'est-à-dire quand il ne reste plus de vide, qui seul rendait possible la production d'un son. Le bruit ne peut se rattacher à la systole qu'autant que celle-ci pousse le sang dans un autre espace, en partie vide, c'est-à-dire contenant de l'air, où il frotte contre les parois. Si cette explication se présente déjà d'elle-même à notre esprit, comme réelle expression des choses, elle trouve aussi sa confirmation dans l'expérience; car, lorsque de l'air, injecté par une veine, s'amasse dans le cœur, le bruit acquiert une intensité extraordinaire et devient susceptible d'être entendu par les assistans. Nysten (6) le comparait, en pareil cas, à celui qui se produit lorsqu'on bat du blanc d'œuf avec de l'eau; il a reconnu l'isochronisme de ce bruit avec le battement du cœur, et constaté qu'il disparaissait au bout d'une minute, lorsque l'air avait été absorbé par le sang. Toutes les

(1) *Medicinisch-chirurgische Zeitung*, 1829, t. I, p. 360.
(2) Archives générales, t. XXVI, p. 427.
(3) *Ibid.*, 1836, t. I, p. 58.
(4) *Medico-chirurgical review*, t. XXV, p. 131.
(5) Bulletin des sc. médic., t. XXV, p. 272.
(6) Recherches de physiologie, p. 16.

fois que Rosa et Scarpa, après avoir fait écouler le sang contenu dans le système vasculaire, chez des animaux, ranimaient les contractions du cœur par une infusion de sang étranger, ils entendaient aussi un fort gargouillement, sans avoir besoin d'appliquer l'oreille à la poitrine (1), ce qui ne pouvait tenir qu'à ce que l'hémorrhagie avait fait accumuler dans le cœur une grande quantité d'air, avec lequel le sang infusé venait à se rencontrer.

Mais le sang cause aussi du bruit dans les vaisseaux lorsqu'il s'y trouve une certaine quantité d'air. Ainsi Hertwich entendait une espèce de sifflement quand de l'air pénétrait dans une veine ouverte (2). Dans un cas d'anévrysme variqueux au bras, où l'on pouvait aisément, à l'aide de la compression, vider de sang tantôt l'artère et tantôt la veine, Schottin discernait, chaque fois que le sang reprenait son cours, un bruit qui, assure-t-il, était plus bas, plus sourd et plus fort dans les artères, plus aigu et plus clair dans les veines (3). Kennedy a démontré naguère, par des observations multipliées, que le bruit qu'on entend dans l'abdomen d'une femme enceinte, qui s'accorde avec les battemens de son cœur, et qui diffère du bruit produit par le cœur de l'embryon (§ 491, 3°), a réellement son siége dans le placenta, ainsi que l'avait déjà dit Kergaradec; or, comme il ne se fait entendre dans aucun autre vaisseau, et qu'on ne l'a observé que pendant la grossesse, à l'endroit où s'applique le placenta fœtal, on pourrait fort bien présumer d'après cela que cet organe respiratoire de l'embryon admet dans sa substance de l'air qui se serait développé dans les vaisseaux de la matrice et du placenta utérin (§ 476, 12°).

7° Si le bruit qui a lieu dans le cœur dépend de l'écoulement du sang dans un espace contenant de l'air, il doit avoir son siége dans les ventricules et dans les origines des troncs artériels, car ces parties du système vasculaire sont les seules qui soient alternativement vides et pleines, c'est-à-dire pleines d'air et de sang (§ 715, I). En conséquence, nous devons

(1) Scheel, *Die Transfusion des Blutes*, t. II, p. 136, 145.

(2) Dieffenbach, *Die Transfusion des Blutes*, p. 41.

(3) *Isis*, 1823, p. 526.

admettre que le premier bruit est occasioné, simultanément avec la systole des oreillettes, par l'écoulement du sang dans les ventricules, attendu que le liquide trouve dans ces cavités de l'air, qu'il chasse, avant l'occlusion des orifice auriculo-ventriculaires par les valvules triglochine et tricuspide, dans le commencement des troncs artériels, vidé lui-même par l'effet de la progression du liquide; et que le second bruit provient du sang lancé par la systole des ventricules dans les artères, et qui, rencontrant de l'air dans celles-ci, le fait refluer vers les ventricules, dont la diastole recommence aussitôt. Cette théorie est confirmée par les faits suivans (8°, 9°, 10°).

8° Le rhythme de ces bruits correspond parfaitement à celui de la systole des parties non homonymes du cœur (§ 707, 3°). Au premier, qui coïncide avec l'échappement des oreillettes, succède le second, qui marche parallèlement au battement des ventricules, puis vient une pause. L'explication de Laennec a donc contre elle les faits les mieux constatés; et c'est pour cela que Turner et Williams admettent qu'on entend la systole des oreillettes en même temps que celle des ventricules.

9° Le premier bruit s'entend au moment même où l'oreille reçoit une secousse causée par le choc du cœur contre les côtes, et comme ce choc ne provient que de la systole des oreillettes (5°), il faut bien que le premier bruit soit également déterminé par elle.

10° Quand j'appliquais mon oreille sur la poitrine d'un Cheval, tandis qu'un autre observait le pouls de la carotide au dessus du sternum ou celui de l'artère maxillaire à la face interne de la ganache, et me le faisait connaître par un son net, je trouvais que le second bruit était isochrone avec le pouls artériel, ou plutôt, comme le fait remarquer Corrigan, qu'il avait lieu immédiatement après lui. Si ce dernier cas était la règle, l'air refoulé des troncs artériels dans les ventricules vidés serait la cause du second bruit par sa rencontre avec le sang affluent des oreillettes. Stockes a remarqué, sur des Lapins auxquels il avait ouvert une moitié de la cavité pectorale, que la systole des oreillettes coïncidait avec le premier bruit, et celle des ventricules avec le second.

A. *Vaisseaux.*

§ 710. Conformément aux contractions du cœur, le sang coule d'une manière saccadée dans les artères, et comme les vaisseaux en général ne font qu'un avec lui pendant la vie, il résulte de là que les artères sont également mises en mouvement par saccades.

1. ARTÈRES.

Le battement des artères porte le nom de *pouls.*

I. On sent le pouls en appliquant le doigt sur une partie du corps où une artère d'un certain volume soit comprise entre la peau et quelque organe résistant, un os par exemple. Ainsi on sent battre l'artère radiale à l'endroit où le radius est voisin de l'articulation du poignet, la cubitale au coude, la carotide au cou, la temporale à la tempe, la maxillaire externe au bord inférieur de la mâchoire, la poplitée dans le creux du jarret, la tibiale antérieure entre le gros et le petit orteil, etc. Pour tâter le pouls, il faut appuyer le doigt sur l'une de ces parties; aussi Arthaud croyait-il que le pouls dépend de l'effort du sang contre l'obstacle causé par la pression du doigt; mais je vois bien manifestement battre mon artère radiale, et je n'en sens pas le battement lorsque je pose doucement le doigt dessus. Parry avait déjà observé que, même sur les artères mises à nu, un attouchement léger ne procure pas la sensation du pouls, quoique Jæger (1) prétende le contraire. Dans les fortes émotions, les congestions et les inflammations, on est quelquefois informé par le sentiment intérieur du battement de ses propres artères.

II. Le pouls se voit parfois à l'extérieur sur certains points, à l'artère radiale par exemple, même dans un état parfait de santé et de calme, ou aux carotides, dans les fièvres et les congestions vers la tête. Mais il ne paraît alors que comme un tressaillement rhythmique, attendu qu'il ne fait que percer à travers la peau, et qu'on n'en apprécie point le véritable caractère. Lorsqu'au contraire une artère se trouve à nu dans une étendue considérable, on remarque les phénomènes suivans :

(1) *Tractatus de arteriarum pulsu*, p. 46.

1° Le point du vaisseau sur lequel on fixe son attention, s'éloigne du cœur, pendant la systole de cet organe, c'est-à dire se trouve poussé en avant, tandis que, dans la diastole, il s'en rapproche, ou revient en arrière. Ce mouvement avait environ une ligne d'étendue sur la carotide d'un cheval, observée par Parry (1), et trois lignes dans une autre expérience de Bell (2). Il ne peut pas dépendre immédiatement du mouvement du cœur, puisque celui-ci revient sur lui-même pendant la systole, et se distend pendant la diastole; il consiste manifestement dans l'allongement des artères, durant le premier de ces deux temps, et dans leur raccourcissement durant le second. Lorsqu'une artère est tellement fixée en deux points que ces derniers ne peuvent point se déplacer, la portion comprise entre eux n'a la faculté de s'allonger que latéralement, ou par des inflexions, et elle quitte alors sa position, ce qui contribue surtout à rendre le pouls susceptible de frapper la vue. Ainsi une artère droite devient sinueuse, et une autre naturellement flexueuse, s'infléchit encore davantage. Weitbrecht et Lamure ont les premiers constaté ces flexions; mais on a été trop loin en les peignant d'une manière générale comme un déplacement des artères, puisque l'extension, dans le sens longitudinal, y contribue aussi, même pour la part la plus essentielle; on s'est écarté aussi de la vérité en attribuant à elles seules le phénomène tout entier du pouls.

2° Jadis on considérait le pouls comme résultant d'une dilatation de l'artère, suivie de la contraction de ce même vaisseau. A l'exemple de Weitbrecht et de Lamure, Haller (3), Dœllinger (4), Parry (5), Rudolphi (6) et Jæger (7) ont ob-

(1) *Experimentaluntersuchungen ueber die Naturursachen des arteriæsen Pulses*, p. 111.

(2) *An essay on the forces by which circulate the blood*, p. 30.

(3) *Opera minora*, t. I, p. 88.

(4) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. II, p. 356. — *Denkschriften der Akademie zu Muennchen*, t. VII, p. 220.

(5) *Loc. cit.*, p. 91.

(6) *Grundriss der Physiologie*, t. II, p. 295.

(7) *Loc. cit.*, p. 46.

jecté contre cette théorie que le diamètre transversal de l'artère n'éprouve aucun changement tandis qu'elle bat. La vérité se trouve entre les deux extrêmes ; le diamètre transversal du vaisseau change, mais trop peu pour qu'on puisse faire dépendre les phénomènes du pouls de cette cause seule. Spallanzani (1), ayant entouré l'aorte d'une Salamandre d'un anneau, afin d'en mieux apprécier le diamètre, reconnut que, pendant la systole du cœur, ce diamètre augmentait d'un tiers au voisinage de cet organe, et seulement d'un vingtième dans le reste de son trajet. Il constata aussi la même dilatation sur l'artère pulmonaire (2), et sur les grosses branches de l'aorte (3), par exemple, l'artère mésentérique supérieure (4), mais non sur les petites ramifications (5) ; cependant il admettait que, toutes les fois qu'une artère se déplace, elle se dilate et se contracte alternativement (6). Magendie (7) confirma ce résultat, en établissant (8) que la dilatation et la constriction se voient principalement à l'aorte, qu'elles sont également manifestes à la carotide, chez les gros animaux, par exemple, mais qu'on n'en aperçoit aucune trace dans les petites branches. Hastings, ayant placé une ligature autour de l'aorte d'un Chat, a vu, dans vingt cas, un vide s'établir entre elle et l'artère pendant la diastole du cœur ; mais quelquefois aussi ce phénomène n'eut point lieu (9). Poiseuille a reconnu le même changement en entourant la carotide d'un cheval d'un tube métallique dont il collait exactement les bords, jusqu'à un point où un tube de verre rempli d'eau et perpendiculaire avait été introduit entre eux : à chaque pulsation, l'eau montait dans le tube de verre, refoulée par l'artère, dont le calibre augmentait d'environ un onzième,

(1) Expér. sur la circulation, p. 146.
(2) *Ibid.*, p. 389.
(3) *Ibid.*, p. 263.
(4) *Ibid.*, p. 159.
(5) *Ibid.*, p. 383.
(6) *Ibid.*, p. 395.
(7) Précis élémentaire, t. II, p. 314.
(8) Journal de physiologie, t. I, p. 113.
(9) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. VI, p. 224.

et après la pulsation, elle baissait d'autant (1). Œsterreicher (2), Segalas (3), Wedemeyer (4), et autres, ont également acquis la même conviction. Suivant Wedemeyer (5), la dilatation de l'artère brachiale s'élevait à environ un cinquième de ligne. Schultz dit avoir remarqué, dans l'embryon de Poulet, que la plus forte ampliation a lieu aux troncs, et l'allongement le plus considérable aux branches les plus déliées (6). Les observateurs qui ont soutenu que le diamètre transversal ne subissait aucun changement, avaient des ramifications sous les yeux, ou ne prenaient pas leurs mesures exactement.

3° Les deux mouvemens (1° et 2°) sont purement mécaniques, et tiennent à ce que, pendant la systole du cœur, les artères reçoivent plus de sang qu'elles n'en peuvent contenir, de sorte qu'elles cèdent en vertu de leur extensibilité, tandis que, pendant la diastole du cœur, l'élasticité dont elles jouissent les fait revenir à leur diamètre normal. Il n'est pas possible qu'au moment où le cœur se vide dans leur intérieur, elles fassent passer dans les veines une quantité de sang égale à celle qu'elles ont reçue (§ 731, 4°). Ce liquide doit, d'après les lois de l'hydrostatique, faire également effort contre elles dans toutes les directions, et tendre, par conséquent, à les dilater en tous sens. Or la couche médiane se compose de fibres élastiques, annulaires et un peu obliques; on peut la comparer à un tube produit par un fil de fer roulé en spirale. De là résulte que l'artère est bien extensible en largeur, mais qu'elle cède plus facilement et davantage en longueur, et que par conséquent le sang doit agrandir un peu son diamètre transversal, mais surtout accroître son diamètre longitudinal. Les injections sur les cadavres, quand elles sont poussées autant que possible, produisent les mêmes effets; les artères s'allongent, se courbent davan-

(1) Journal de Magendie, t. IX, p. 48.
(2) *Versuch einer Darstellung der Lehre vom Kreislaufe*, p. 48.
(3) Journal complémentaire, t. XXXVI, p. 73.
(4) *Untersuchungen ueber den Kreislauf*, p. 55.
(5) *Loc. cit.*, p. 43.
(6) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1826, p. 598.

tage et se dilatent un peu. Pendant la vie, ce phénomène est assujetti à beaucoup de variations; la capacité de l'artère s'accroît d'autant plus que le cœur bat avec plus de force, que l'ondée de sang est plus copieuse et animée d'une plus grande vitesse, que le passage du liquide dans les veines présente plus de difficultés, enfin, que l'extensibilité et l'élasticité de l'artère sont plus considérables.

III. Il est donc concevable aussi que des circonstances se rencontrent où l'artère n'éprouve ni allongement ni ampliation par le fait de la systole du cœur, et l'expérience a prouvé qu'en pareil cas néanmoins, non seulement le sang sort du vaisseau ouvert par un jet saccadé, mais encore le pouls se fait sentir au doigt qu'on appose dessus. Il est arrivé quelquefois à Parry de ne remarquer aucun déplacement, aucune ampliation, même avec le secours de la loupe, sur la carotide des Moutons, l'aorte des Lapins ou les branches aortiques du Cheval, quoique le pouls se fît sentir distinctement; et rien n'est plus facile que de se convaincre soi-même, sur presque toutes les artères, de l'exactitude de ses observations. Ce qu'il y a d'essentiel dans le pouls consiste donc, comme l'ont fait voir Dœllinger (1), Merk (2) et Jæger (3), en un ébranlement de la colonne sanguine, qui se propage à la paroi tendue de l'artère, et s'étend même, d'après la remarque de Parry (4), à une portion d'artère comprise entre deux ligatures et vide de sang; on ne sent bien cet ébranlement qu'autant qu'on appuie le doigt avec force, parce que la tension qui résulte de là permet alors qu'il se transmette jusqu'à lui.

IV. A chaque poussée du cœur, la vitesse du courant augmente dans les artères, de sorte que le jet qui s'échappe d'une plaie décrit une plus grande arcade durant la systole de l'organe central, et coule avec plus de calme pendant la diastole. Ce phénomène tient au choc, qui doit se manifester sur tous les points; car la colonne entière du sang, chassée par lui avec plus de vitesse, se ralentit dès qu'il est passé, mais sans néan-

(1) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. II, p. 346.

(2) *Inauguralabhandlung ueber die thierische Bewegung*, p. 102.

(3) *Tractatus de arteriarum pulsu*, p. 46.

(4) *Loc. cit.*, p. 18.

moins cesser de marcher en avant, de sorte qu'il ne se produit pas de vide. Du reste, la propagation du choc dans le sang est toujours infiniment plus rapide que le cours de ce liquide lui-même.

§ 711. 1° Ordinairement on trouve que toutes les artères battent ensemble. Haller (1) et Spallanzani (2) ont établi cette simultanéité en règle générale, d'après leurs expériences. Kerr (3) en a conclu que le pouls ne peut pas provenir d'un liquide marchant par un courant continu, ni, par conséquent, être dû au sang chassé du cœur. Mais tout ce qu'il suit de là, c'est que le pouls ne se rattache pas à la progression du sang, et qu'il est l'effet de la propagation du choc à la masse entière de ce liquide qui remplit le système artériel sous la forme d'une colonne non interrompue. Or l'ébranlement communiqué à un liquide se transmet avec une vélocité diverse suivant la nature des parois. La propagation est instantanée lorsqu'un canal rigide est rempli d'un liquide qui ne puisse pas s'échapper latéralement : ainsi, quelque long que soit un tube métallique, il en sort de l'eau à l'instant même où une pression agit sur l'autre extrémité de la colonne du liquide. Mais si ce dernier se trouve dans une gouttière, c'est-à-dire sur une surface non entourée d'une paroi solide, comme il exerce constamment une pression uniforme de tous les côtés, tout choc qu'il reçoit le pousse vers le côté libre, c'est-à-dire vers la partie supérieure, et le force de s'élever ; puis, quand sa pesanteur le fait retomber, il choque les points voisins de sa masse, de manière que ceux-ci s'élèvent à leur tour au dessus du niveau, et ainsi de suite ; en un mot l'ébranlement se propage peu à peu et par ondulations. Mais un canal à parois extensibles et contractiles tient le milieu entre un conduit rigide et une gouttière ; si la colonne de liquide qu'il renferme reçoit une impulsion à l'une de ses extrémités, les points les plus voisins de la paroi se distendent en tous sens, c'est-à-dire que le canal se dilate, et quand le point ainsi di-

(1) *Opera minora*, t. I, p. 185.
(2) Expér. sur la circulat., p. 246.
(3) *Observations on the harveian doctrine*, p. 60, 144.

laté vient à se contracter, celui qui suit éprouve une dilatation analogue, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'ébranlement ait atteint l'extrémité opposée de la colonne. Or l'artère est précisément un canal extensible et élastique; donc le choc que le cœur imprime à la colonne de sang qu'elle renferme, doit se propager de la même manière et en des temps appréciables. Aussi plusieurs observateurs ont-ils reconnu qu'il y a réellement une différence de temps entre les pulsations des diverses artères. Weitbrecht a constaté que son artère radiale battait après la carotide. Wedemeyer dit qu'on sent le pouls un instant plus tard aux membres qu'au voisinage du cœur. Arnott s'est convaincu qu'il y a succession des battemens à la lèvre, au poignet et au coude-pied (1). D'après les observations de Weber (2), l'artère axillaire bat en même temps que la maxillaire externe, mais un sixième ou un septième de seconde plus tôt que la métatarsienne, et celle-ci un peu après la radiale, qui n'est guère plus rapprochée qu'elle du cœur. Stockes a remarqué qu'il y avait synchronisme parfait du pouls dans les parties placées à égale distance du cœur, par exemple dans l'artère radiale, au poignet, et la crurale, à la partie supérieure de la cuisse; mais que le pouls battait plus tard dans les parties éloignées du cœur que dans celles qui en sont voisines, plus tard, par exemple, à l'artère tibiale qu'à la radiale (3). La même observation a été faite aussi par Despine (4). Koch a vu, dans la membrane interdigitale de jeunes Grenouilles, le mouvement saccadé du sang avoir lieu quelque temps après la contraction du cœur (5).

Mais la différence ne peut être qu'extrêmement légère, attendu que la dilatation de l'artère se réduit presque à rien, et que son élongation est beaucoup plus sensible. En effet, on ne saurait l'observer sur une artère mise à nu, et Arnott lui-même dit (6) que la dilatation produite dans le vaisseau par le

(1) *Elemente der Physik*, t. I, p. 494.
(2) *Adnotationes anatomicæ*, p. 2.
(3) Froriep, *Notizen*, t. XXIX, p. 151.
(4) Archives générales, t. XXVI, p. 427.
(5) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1827, p. 442.
(6) *Loc. cit.*, p. 488.

sang qui afflue du cœur se propage presque avec la rapidité d'une secousse électrique. Comme il n'est pas très-facile de reconnaître de très-petits intervalles de temps par le sens du toucher, on court grand risque de commettre ici des erreurs. J'ai comparé, sur des Chevaux, la pulsation de la carotide, immédiatement au dessus de la cage thoracique, avec celle de l'artère caudale ; j'explorais l'une des artères, tandis qu'un aide m'indiquait à haute voix les battemens de l'autre ; mais je n'ai pu apercevoir aucun intervalle. Cependant les Chevaux conviennent parfaitement pour ces sortes d'expériences, à cause du volume de leur corps et du peu de fréquence de leurs pulsations. La différence devient incontestablement plus facile à apprécier lorsque d'un côté la paroi de l'artère est plus extensible, et de l'autre le vaisseau ne regorge pas déjà de sang, ou quand la systole du cœur a moins de force. Ainsi c'est seulement sur des animaux fort affaiblis qu'il a été possible à Haller (1) de se convaincre que les artères éloignées du cœur battent plus tard que lui ; et si, comme le fait remarquer Senac (2), le mouvement du pied d'un homme qui croise ses cuisses l'une sur l'autre s'opère après le pouls radial ou cervical, il est probable que l'augmentation de la résistance entre pour quelque chose dans ce ralentissement.

2° La pulsation diminue en raison directe du diamètre des artères (3). Le sang ne s'élance plus par saccades des artérioles, mais sort par un filet uniforme, ou coule en nappe (4). Haller a trouvé que celles des branches de l'artère mésentérique d'une Chèvre dont le diamètre était inférieur à un sixième de ligne, ne battaient plus. Cependant il n'y a point de limites précises à établir ici ; car l'étendue des pulsations varie en raison des circonstances. Dœllinger a vu, dans l'embryon de Poulet, le choc du cœur s'étendre à toutes les branches artérielles (5).

3° Les ramifications des artères ont, prises ensemble, plus

(1) *Elem. physiolog.*, t. II, p. 241.
(2) Spallanzani, *loc. cit.*, p. 159.
(3) Magendie, Précis de physiologie, t. II, p. 252.
(4) Haller, *Opera minora*, t. I, p. 185.
(5) *Denkschriften der Akademie zu Muenchen*, t. VII, p. 215.

de diamètre transversal ou de capacité que les troncs. Or, en passant de ceux-ci dans celles-là, le sang doit perdre d'autant plus de sa vélocité que l'espace au milieu duquel il se répand est plus considérable. Ce ralentissement nécessaire du courant sanguin est reconnu d'une manière générale. Il a été observé immédiatement par Spallanzani (1), sur des Salamandres, par Forchhammer (2) et par d'autres. En examinant les capillaires artériels au microscope, on voit le sang s'y mouvoir sans secousses, par un courant uniforme, mais avec une apparence de vélocité excessive qui tient à l'effet du grossissement, et il est difficile de saisir quel rapport peut exister entre sa rapidité dans ces petits vaisseaux et celle qui l'anime dans les troncs. Haller (3), en répétant ces observations, a trouvé que le ralentissement dans les ramifications n'est point aussi considérable qu'on a coutume de le croire, et il lui est quelquefois arrivé (4) de voir dans les capillaires des courans tout aussi rapides que dans les troncs. Suivant Spallanzani (5), le sang coule avec plus de lenteur pendant la systole du cœur, et plus de vitesse durant sa diastole, dans les artères de capacité moyenne que dans les troncs, mais sa vélocité est la même dans les ramuscules les plus déliés que dans les branches médiocres, et elle ne diminue que quand la faiblesse s'empare de l'animal. Enfin Dœllinger (6) prétend que le sang coule, dans toutes les branches qui admettent plus d'une ou deux séries de globules, avec tout autant de rapidité que dans les troncs.

2. VEINES.

§ 712. Passons à l'examen du courant veineux.

1° Ce courant est produit par l'artériel revenant sur lui-même. Les vaisseaux capillaires artériels, c'est-à-dire les dernières ramifications des artères, s'infléchissent, et, dès

(1) *Loc. cit.*, p. 144.
(2) *De blennii vivipari formatione*, p. 12.
(3) *Opera minora*, t. I, p. 87.
(4) *Ibid.*, p. 191.
(5) *Loc. cit.*, p. 247.
(6) *Loc. cit.*, p. 210.

lors, sont, par le seul fait de leur direction inverse, vaisseaux capillaires veineux du sang qui coule dans leur intérieur, ou racines des veines. Il faut y joindre encore de temps en temps des branches transversales qui, se détachant d'une artère, avant qu'elle soit parvenue à son extrémité, se continuent avec des veines toutes formées marchant parallèlement à elles. Ce sont là des faits qui ressortent surtout des recherches de Haller (1), Spallanzani (2), Dœllinger (3), Wedemeyer (4) et J. Muller. Là où des capillaires artériels s'infléchissent pour devenir veineux, ils ne charrient plus la plupart du temps qu'une seule série de globules; mais parfois aussi ils en contiennent deux ou trois, ou même, d'après Spallanzani, quatre à cinq, de manière qu'ici également il y a impossibilité d'établir une ligne de démarcation bien tranchée. Dœllinger fait remarquer que, dans les embryons un peu âgés de Poissons, les artères se partagent en ramifications plus déliées, et se continuent avec les veines, sous des angles plus aigus, que chez ceux qui sont moins avancés en âge.

2° Les veines se montrent en antagonisme avec les artères, car le sang y suit une direction opposée; mais il y marche plus rapidement dans les branches que dans les rameaux, et il coule enfin par saccades dans les troncs, comme nous le verrons plus loin (§ 728, 732, 733, 737).

II. Phénomènes généraux de la marche du sang.

A. *Phénomènes qualitatifs.*

§ 713. Si nous portons nos regards sur les phénomènes que présente le courant du sang, nous voyons,

1° Qu'au microscope, les globules marchent en ligne droite, sans nul changement dans leur situation relative. Ils s'avancent comme du bois flottant, sans tourner ni rouler sur eux-mêmes, et tous suivent la même direction, avec la même vitesse. Plusieurs séries de ces corpuscules se meuvent aussi parallèlement

(1) *Opera minora*, t. I, p. 176.
(2) *Loc. cit.*, p. 255.
(3) *Denkschriften der Akademie zu Muenchen*, t. VII, p. 201.
(4) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1828, p. 343.

et avec calme dans un même vaisseau, sans se frotter les uns contre les autres, s'entrechoquer, tournoyer, ni s'entremêler; des bulles d'air même peuvent nager parmi eux, sans crever. Ces faits sont incontestables : ils ont été établis surtout par les observations de Haller (1), de Spallanzani (2) et de Dœllinger (3). C'est la sérosité du sang qui porte les globules. Dœllinger, comme nous l'avons déjà dit (§ 688, I), a jugé qu'elle coulait d'après les oscillations d'un globule empêtré. Si l'on raisonne par analogie, elle doit avoir un mouvement plus rapide que celui des globules.

2° De même que toute autre manifestation de la vie matérielle, le courant du sang a lieu d'une manière uniforme et régulière, sans le moindre concours de la volonté; cependant il est assujetti à une multitude de modifications, qui dépendent de celles qu'éprouvent les diverses directions de la vie, et l'on tomberait dans une grave erreur si l'on admettait ici une absolue et invariable uniformité. Le sang, en sa qualité d'élément de l'organisme essentiellement mobile et qui ne peut même subsister qu'autant qu'il demeure toujours en mouvement, doit se ployer aux circonstances, et s'écarter aisément de sa marche habituelle. L'observation microscopique avait déjà instruit Haller de ces mutations; souvent, dit-il (4), le sang coule avec rapidité dans un vaisseau, tandis que, dans un autre vaisseau de la même partie, du mésentère par exemple, il se meut d'une manière lente ou s'arrête, et rien n'est plus commun (5) que de rencontrer des vaisseaux qui sont à moitié vides, qui même le sont entièrement. Spallanzani (6) a vu le sang couler régulièrement dans une branche, ne faire qu'osciller dans une autre branche du même tronc, et rester en repos dans une troisième. Cette irrégularité dans la vélocité et la direction du courant a été égale-

(1) *Opera minora*, t. I, p. 76, 87, 192.
(2) Expér. sur la circulation, p. 161, 252.
(3) *Loc. cit.*, p. 227.
(4) *Loc. cit.*, p. 191.
(5) *Ibid.*, p. 174.
(6) *Loc. cit.*, p. 150.

ment observée par Wedemeyer (1) et Sarlandière (2). Beaucoup de phénomènes qui ont lieu chez l'homme en santé attestent qu'elle est fréquente : il arrive quelquefois qu'on éprouve dans un point de son propre corps une sensation semblable à celle qui résulterait d'un écoulement d'eau dans une bouteille à étroite ouverture, et qui peut difficilement être attribuée à autre chose qu'à la pénétration du sang dans un rameau vasculaire demeuré vide pendant long-temps ; dans ce qu'on appelle l'onglée, les doigts deviennent tellement exsangues qu'en y faisant une piqûre, il ne s'écoule pas une seule goutte de sang.

3° Ces variations surviennent principalement à la périphérie du système sanguin, où les vaisseaux sont liés ensemble par de nombreuses anastomoses, où leur extensibilité et leur dilatabilité permettent qu'ils changent aisément de diamètre. Comme ils ne font qu'un avec le sang, dont ils représentent le côté extérieur, ils se moulent en quelque façon sur lui, et suivent jusqu'à un certain point ses vicissitudes, de manière qu'ils se dilatent ou se resserrent suivant que lui-même augmente ou diminue de quantité (3). Mais l'anastomose est un canal de jonction entre deux courans, par lequel le sang passe de celui qui a la prépondérance dans l'autre qui est plus faible. Ainsi ce sang s'écoule, par le rameau anastomotique, du vaisseau qui a un plus grand diamètre dans celui qui en a un moins considérable. Mais, la plupart du temps, les deux vaisseaux sont d'égal calibre, et alors le sang n'a point de direction fixe dans l'anastomose ; sa direction varie en raison des changemens que subissent les courans contenus dans les deux vaisseaux.

(En examinant des vaisseaux capillaires au microscope, on distingue de petits courans artériels à partir desquels le sang se partage en plusieurs gouttières, et de petits courans veineux dans lesquels il se réunit de nouveau ; mais quelquefois on voit la direction changer dans les anastomoses arté-

(1) *Untersuchungen ueber den Kreislauf*, p. 195.

(2) Mémoire sur la circulation du sang, p. 10.

(3) Haller, *Elem. physiolog.*, t. II, p. 226.

rielles suivant la force des divers courans afférens, et il est fort ordinaire qu'un léger déplacement de l'animal imprime au cours du sang, dans la communication entre deux petits courans homogènes, une direction inverse absolument de celle qu'il suivait jusqu'alors. De cette manière, deux courans artériels ne se rencontrent pas dans une anastomose, mais celle-ci est parcourue tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. Les choses se passent du moins ainsi pour les plus petits courans artériels.) (1)

4° Quand le passage du sang à travers un organe est intercepté, ce liquide suit d'autres rameaux de la même branche, par lesquels il afflue en plus grande quantité dans les parties voisines. Mais si l'entrée d'un vaisseau d'une partie lui est interdite, par exemple, au moyen d'une ligature, il y reflue d'un autre vaisseau anastomotique, et comme celui-ci a dès lors une prédominance absolue, l'anastomose devient le tronc primordial, et acquiert un accroissement correspondant de calibre, qu'elle conserve ensuite. Ainsi, lorsque Kerr allègue comme argument contre la circulation, qu'une partie dont l'artère a été liée conserve encore sang et vie (2), il est réfuté par l'observation mille et mille fois répétée ; car, en pareil cas, on trouve toujours des anastomoses qui ont entretenu la circulation et qui d'ordinaire ont pris des dimensions très-considérables.

a. Des veines superficielles et des veines profondes s'anastomosent ensemble, par exemple, celles du cerveau avec celles du cuir chevelu. On a trouvé les veines dites émissaires dilatées dans un cas de rétrécissement du sinus transverse du cerveau (3). Aux membres, les veines qui accompagnent les artères s'anastomosent avec celles qui rampent sous la peau; si la circulation vient à être gênée ou suspendue dans ces dernières par une compression extérieure, elles se tuméfient d'abord, mais peu à peu elles se dégorgent, par les anastomoses, dans les veines profondes; c'est ainsi, par exemple,

(1) Addition de J. Muller.

(2) *Loc. cit.*, p. 151.

(3) Burdach, *Vom Baue des Gehirns*, t. III, p. 5.

qu'un bandage serré peut être supporté pendant plusieurs semaines dans les cas de fractures. Lorsqu'on ouvre la veine médiane, le sang coule avec plus de force, dès que le sujet remue l'avant-bras, quoique les muscles ne compriment pas cette veine et ne lui envoient point non plus de sang. Quand on injecte la saphène, après l'avoir liée à la jambe, l'injection passe dans la veine crurale.

b. Plusieurs vaisseaux du côté droit et du côté gauche s'anastomosent ensemble sur la ligne médiane du corps; telles sont, par exemple, les artères vertébrales, les carotides internes et les carotides externes. La carotide se vide après avoir été liée, mais elle ne tarde pas à se remplir de nouveau par le moyen des anastomoses (1).

c. Un tronc supérieur et un tronc inférieur s'unissent par le moyen de la veine azygos, de sorte que, si le sang de la veine cave inférieure a sa marche entravée, cette anastomose, la plus considérable que l'on connaisse parmi les veines, le mène dans la veine cave supérieure. La mollesse des parois abdominales, la facilité avec laquelle elles cèdent à toute pression extérieure, et les grandes variations que les viscères du bas-ventre subissent dans leur état de réplétion, de distension et de mouvement, font que la circulation du sang peut être plus facilement dérangée dans la veine cave inférieure que partout ailleurs. Mais Reynaud a observé aussi un cas dans lequel la veine cave supérieure était oblitérée tout auprès du cœur, et où son sang passait dans la veine cave inférieure pour arriver à cet organe (2). Ce qu'il y a de plus commun, c'est de rencontrer des anastomoses entre des branches artérielles hautes et basses, par exemple, entre les artères nées près du cœur et à une certaine distance de lui. Ainsi la carotide s'anastomose avec l'artère vertébrale; dans un cas où la carotide interne était devenue imperméable par ossification, Willis trouva la vertébrale du même côté dilatée (3); aussi n'est-il pas rare qu'en cas d'anévrysme, on ait lié sans inconvénient les deux

(1) Burdach, *Anatomische Untersuchungen*, t. I, p. 73.
(2) Andral, Précis d'anat. patholog., t. I, p. 403.
(3) Burdach, *Vom Baue des Gehirns*, t. III, p. 5.

carotides, comme l'a fait par exemple Mussay (1). La même chose arrive aux veines correspondantes ; vingt-quatre heures déjà après avoir lié les deux jugulaires, chez des Chevaux, Viborg trouva les veines vertébrales assez dilatées pour pouvoir les remplacer (2). Il n'y a aucun point du canal intestinal où l'on ne voie des branches supérieures et inférieures d'artères et de veines qui s'anastomosent ensemble : ainsi Chaussier a trouvé l'artère cœliaque et la mésentérique supérieure obstruées par des caillots fibrineux ; mais la mésentérique inférieure avait acquis assez de calibre pour pouvoir conduire aisément l'injection à l'estomac, au foie, à la rate et à l'intestin grêle (3). Il n'y a pas non plus d'articulation au dessus de laquelle on ne trouve des branches qui vont s'anastomoser avec d'autres récurrentes inférieures, de sorte que des centaines de cas d'anévrysme ont démontré qu'après la ligature de l'artère principale d'un membre, la circulation est entretenue dans ce dernier par les anastomoses dilatées. La plus volumineuse de toutes les anastomoses artérielles est formée par la mammaire interne et l'épigastrique ; elle unit ensemble les artères des membres supérieurs et inférieurs, puis indirectement l'aorte ascendante et l'aorte descendante, de sorte qu'en cas de gêne de la circulation dans les parties supérieures ou inférieures du tronc, elle vient en aide à la nature, comme dans l'exemple suivant. Goodisson trouva, chez une femme qui avait joui d'une bonne santé, et dont les membres pelviens n'étaient point amaigris, l'aorte entièrement obstruée, au dessous de l'artère mésentérique inférieure, par une masse d'os, de cartilage et de fibres ; les artères iliaques des deux côtés étaient en partie oblitérées ; mais la mammaire interne, les intercostales, les lombaires et les spermatiques avaient acquis un tel volume, qu'au moyen de leurs anastomoses, elles fournissaient de sang le bassin et les membres inférieurs (4). Gilbert Blane a trouvé, chez un jeune garçon, l'aorte pectorale entièrement oblitérée depuis l'origine de l'artère

(1) Froriep, *Notizen*, t. XXVIII, p. 14.

(2) Burdach, *loc. cit.*, t. III, p. 5.

(3) *Ibid.*, p. 374.

(4) Horn, *Neues Archiv fuer medicinische Erfahrung*, 1822, p. 278.

sous-clavière gauche jusqu'à l'insertion du canal artériel, et remplacée par la sous-clavière gauche, la mammaire interne et l'intercostale supérieure dilatées. Reynaud a vu l'aorte très-rétrécie au dessous de la sous-clavière gauche ; mais les branches des sous-clavières, c'est-à-dire l'intercostale supérieure, la mammaire interne et la cervicale transverse, étaient aussi grosses que les brachiales, et de plus très-flexueuses, en sorte qu'elles pouvaient fournir la quantité nécessaire de sang à la portion de l'aorte située au dessous du rétrécissement, par le moyen des artères intercostales, et aux artères crurales, à l'aide des épigastriques (1). Dans un autre cas, où la partie inférieure de l'aorte ventrale et les iliaques étaient obstruées par des ossifications, les branches dilatées et très-flexueuses de la mammaire interne conduisaient le sang à l'artère crurale et à l'hypogastrique (2). Chez un homme, dont le pouls n'avait offert aucune trace d'irrégularité, A. Meckel trouva l'aorte oblitérée immédiatement au dessous du canal artériel, et la circulation rendue possible par les anastomoses dilatées de l'intercostale supérieure, de la mammaire interne, de la thyroïdienne inférieure et de la cervicale ascendante, avec les artères intercostales naissant de l'aorte (3). Un Chien auquel Astley Cooper lia l'aorte, non loin du cœur, continua de vivre, ainsi qu'un autre auquel il avait lié les deux carotides, les deux crurales et les deux axillaires.

(La connaissance des réseaux capillaires permet d'expliquer sans peine les phénomènes surprenans de la circulation collatérale, c'est-à-dire du rétablissement de la circulation après l'occlusion des gros troncs vasculaires. Les injections délicates montrent non seulement que les artères les plus grêles sont unies ensemble par d'innombrables anastomoses, mais encore que les réseaux capillaires mettent en rapport toutes les parties d'un organe, ainsi que plusieurs organes contigus. Les réseaux vasculaires de la moelle nerveuse communiquent avec ceux du névrilemme, et ces derniers avec ceux

(1) Andral, *loc. cit.*, t. I, p. 369.
(2) *Ibid.*, p. 375.
(3) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1827, p. 346.

du tissu cellulaire circonvoisin. Les réseaux capillaires des interstices des muscles communiquent avec ceux de toutes les parties entourantes; ceux du périoste avec ceux de l'os, et ceux-ci avec ceux de la moelle. De cette manière, les vaisseaux capillaires du corps entier forment un réseau non interrompu, qui reçoit du sang d'innombrables artères, et une artère peut d'autant plus facilement en suppléer une autre, non pas qu'elle est plus voisine du tronc oblitéré, mais que ses vaisseaux capillaires sont plus rapprochés de ceux de l'organe intéressé. Ces communications font que, sans formation de nouveaux vaisseaux, une partie à laquelle le sang ne peut plus arriver par la voie ordinaire, en reçoit cependant la quantité nécessaire, parce que les anastomoses et les vaisseaux capillaires se dilatent, et que peu à peu des courans plus forts, mais en moins grand nombre, s'établissent à la place de ceux en quantité considérable qui existaient auparavant, et acquièrent des parois plus épaisses. Deux préparations que m'a montrées Schrœder van der Kolck, prouvent que les mêmes phénomènes ont lieu aussi après l'oblitération des veines) (1).

Weber (2) fait remarquer que les plus nombreuses et les plus grosses anastomoses se rencontrent au cerveau et à la moelle épinière, c'est-à-dire aux organes qui ont le plus besoin d'un afflux continuel de sang (§ 746, 5°); aussi a-t-on beau multiplier les ligatures, il est impossible, chez un Mammifère vivant, d'empêcher le liquide d'arriver à un segment quelconque de la molle épinière. Après les organes centraux du système nerveux marchent, sous ce rapport, l'estomac et les intestins, de manière que le sang peut toujours se concentrer dans la partie précisément où la digestion est en plein exercice. Enfin, au troisième rang, se trouvent le creux des mains et la plante des pieds.

C'est aussi la connexion des vaisseaux capillaires les uns avec les autres qui fait que, sur les cadavres, le sang, obéissant aux lois de la pesanteur, s'amasse dans les parties les

(1) Addition de J. Muller.

(2) *Anatomie des Menschen*, t. III, p. 57.

plus déclives, et y produit des sugillations livides, tandis que les points qui étaient rouges ou enflammés pendant la vie, pâlissent.

5° L'étendue du courant sanguin ne varie pas moins que sa direction; tantôt il se restreint à une partie peu étendue, comme en cas d'inflammation, tantôt il est général, comme pendant la chaleur de la fièvre, tantôt enfin plus ou moins resserré, comme dans le froid fébrile. Quand la circulation n'a qu'une étendue peu considérable, elle est entretenue par les anastomoses, et une faible activité vitale suffit pour l'opérer dans sa courte carrière; Legallois entretint la circulation, à l'aide d'une respiration artificielle, dans la poitrine d'un Lapin auquel il avait enlevé la tête et l'abdomen, à l'exception de l'estomac (1). Lorsque l'étendue de la circulation vient à diminuer d'un côté, chez un sujet dont la vitalité n'est point affaiblie, et uniquement par l'effet de circonstances locales, le courant devient plus fort dans une autre direction; c'est ainsi qu'après l'amputation d'un membre, chez un homme qui jouit d'ailleurs d'une bonne santé, et à qui l'opération a fait perdre peu de sang, on voit survenir des symptômes de plénitude (*plethora ad spatium*); de même aussi la ligature d'une artère volumineuse, surtout dans le cas d'anévrysme, occasione d'abord de la céphalalgie, accompagnée d'autres signes de congestion vers la tête (2), ou même de la chaleur et de la fièvre, avec pouls plein, dur et fréquent, battemens irréguliers du cœur, et gêne de la respiration. L'exaltation de la vitalité qu'on observe après l'invasion de la gangrène, semble également tenir à ce que le sang, ne pénétrant plus dans la partie qui est frappée de mort, se porte en plus grande quantité aux autres organes.

1. PHÉNOMÈNES RELATIFS AU TEMPS.

§ 714. Le courant varie dans les divers départemens du système sanguin. Il est *oscillant* depuis les troncs veineux jusque dans les ventricules, *intermittent* entre ceux-ci et les

(1) Œuvres, p. 131.
(2) Sarlandière, Mémoire sur la circulation du sang, p. 48.

troncs artériels, *rémittent* dans les artères, *continu* dans les vaisseaux capillaires et les veines. Mais nous devons examiner chacune de ces formes en particulier, et signaler les cas où elles ont lieu aussi dans d'autres circonstances.

I. La *continuité* du courant, c'est-à-dire la condition dans laquelle il marche sans interruption, et d'une manière uniforme, appartient en propre aux vaisseaux capillaires et aux veines. Elle résulte de ce que les forces qui mettent le sang en mouvement, peuvent agir librement et sans rencontrer aucun obstacle.

II. La *rémittence*, c'est-à-dire la marche non interrompue, mais sans uniformité, et avec des alternatives d'accélération et de ralentissement, appartient au courant des artères en général. La plus petite blessure faite à ces vaisseaux suffit pour qu'ils donnent du sang, même pendant la diastole du cœur (1), et, lorsqu'ils ont été coupés en travers, le liquide s'en échappe continuellement, avec plus de force et par un jet plus ou moins long, pendant la systole du cœur. Quand les artères sont transparentes, on peut se convaincre, comme l'ont fait voir Haller (2) et Spallanzani (3), qu'elles ne contiennent et ne charrient pas moins du sang pendant la diastole du cœur que pendant sa systole. La continuité du cours de ce liquide, alors même qu'il n'est point mis en mouvement par le cœur, peut dépendre de deux causes :

1° De ce que les artères, après avoir été dilatées par la systole du cœur, se resserrent pendant sa diastole et poussent ainsi, par leur propre diastole, le sang qu'elles ont reçu de lui; mais, outre qu'il y a des cas où les alternatives d'ampliation et de constriction sont tout-à-fait impossibles, le changement qui résulte de là est si peu considérable (§ 710, 2°), qu'il ne saurait prendre une bien grande part à la propulsion du sang (§ 735, III).

2° Il est donc probable que l'ondée poussée par le cœur imprime une telle impulsion à la colonne du sang, qu'après

(1) *Elem. physiolog.*, t. II, p. 224.
(2) *Opera minora*, t. I, p. 188.
(3) Expér. sur la circulation, p. 145.

l'ébranlement reçu le courant continue encore d'avoir lieu dans la direction qui lui a été donnée.

III. L'*intermittence* consiste en ce que le courant du sang marche et s'arrête alternativement.

3° Elle a lieu dans les points où le liquide est mû immédiatement par la force musculaire, et où des valvules s'opposent tant à son flux qu'à son reflux, par conséquent dans le cœur, et surtout dans les ventricules. Il est probable que, comme l'admet Œsterreicher (1), le courant sanguin est intermittent dans une partie de l'aorte, du moins au voisinage du cœur, parce que le liquide poussé dans ce vaisseau, où il se trouve logé à l'étroit, n'y rencontre pas, avant son passage dans les branches, assez d'espace pour pouvoir continuer de couler. Jusqu'à présent cette conjecture n'a d'autre appui que les observations de Spallanzani sur les Salamandres (2), dont les artères sont transparentes; ce physicien a vu, pendant la diastole du cœur, le sang s'arrêter dans les deux premiers tiers de l'aorte, couler plus lentement que pendant la systole dans le dernier tiers, ou la queue, et avoir une marche aussi rapide, dans les petites ramifications, que durant la systole.

4° Quand le cœur agit plus faiblement, sa systole n'aboutit qu'à produire un mouvement momentané du sang et le courant rémittent des branches artérielles (II). Souvent même aussi le courant continu des vaisseaux capillaires devient intermittent. Spallanzani, en observant ces derniers sur le mésentère des Grenouilles, a vu d'abord un courant continu, puis un courant rémittent, et enfin un courant intermittent (3). Wedemeyer a été témoin du même fait (4). Dœllinger a reconnu, comme l'avait déjà fait Spallanzani (5), avant lui, qu'au second ou troisième jour de l'incubation, le sang des embryons de Poulet s'arrête dans les artères pendant la diastole du cœur, et reprend ensuite son cours, mais en marchant

(1) *Darstellung der Lehre vom Kreislaufe*, p. 78, 80.

(2) *Loc. cit.*, p. 140, 242.

(3) *Loc. cit.*, p. 201.

(4) *Untersuchungen ueber den Kreislauf*, p. 190.

(5) *Loc. cit.*, p. 243.

moins vite que durant la systole (1). Œsterreicher assure (2) qu'il en est de même dans les embryons des Grenouilles et des Poissons. Comme nous ne pouvons attribuer cet effet au développement des artères (1°), il paraît dépendre uniquement de ce que la force du cœur, d'abord faible, acquiert peu à peu plus d'énergie.

5° De toute plaie faite à une branche ou à un rameau d'artère, le sang s'épanche par un courant, d'abord rémittent, puis plus tard intermittent, et quoique l'affaiblissement de la force du cœur, produit par l'hémorrhagie, puisse concourir à l'intermittence, la principale cause en est cependant qu'ayant diminué de masse, le sang n'arrive plus à la plaie que pendant la systole du cœur.

IV. La *fluctuation*, qui devient *oscillation* si le mouvement est plus rapide, a lieu quand le courant du sang marche tantôt dans un sens et tantôt dans un autre.

6° Ce mouvement est normal, comme chez les animaux inférieurs (§ 694, 5°), dans tous les vaisseaux de nouvelle formation qui résultent du travail de la cicatrisation ou des pseudomorphoses. Ainsi Blandin a trouvé, dans le bouchon sanguin d'une artère anévrysmatique soumise à la ligature, des vaisseaux qui communiquaient avec les branches artérielles normales, mais qui n'avaient de connexions avec aucune veine, de sorte que le sang qu'ils amenaient dans le caillot était obligé de revenir par la même voie (3). Le courant sanguin offre un autre mode de fluctuation dans les anastomoses (§ 713, 4°), où, en raison des circonstances, il suit tantôt telle direction et tantôt telle autre. Enfin, dans le cœur et à l'extrémité des troncs veineux (§ 708, 1°, 2°), la fluctuation est subordonnée à la progression; car il n'y a que le reste d'une onde lancée qui reflue, pour rentrer dans le cœur au sommet de l'onde suivante.

7° Dans le reste du système sanguin, le courant devient fluctuant, soit lorsque la force propulsive (*vis a tergo*) s'affaiblit,

(1) *Denkschriften der Akademie zu Muenchen*, t. VII, p. 214.
(2) *Loc. cit.*, p. 80.
(3) Journal complémentaire, t. XXVIII, p. 78.

soit quand l'obstacle qu'elle rencontre augmente au point que la résistance et l'impulsion se fassent équilibre ; le sang s'arrête alors, et oscille à droite et à gauche ; dans les artères, il marche en avant pendant la systole du cœur, et revient sur lui-même durant la diastole (1), passe d'un rameau dans une branche, quelquefois aussi de celle-ci dans un autre rameau, puis revient dans la branche, et repasse de là dans le premier rameau (2) ; de même, dans les veines, tantôt il se dirige vers le cœur, et tantôt il revient sur ses pas.

8° Cette fluctuation a lieu ordinairement avant la mort, quand le cœur bat faiblement, et elle cesse dès que l'organe reprend un peu plus de vigueur (3) ; mais on la remarque aussi après que le cœur a déjà cessé de battre (4). Quelquefois elle survient après que le courant continu a pris un caractère d'abord rémittent, puis intermittent, et pendant quelque temps encore elle continue d'être sous l'influence du cœur ; car elle correspond à sa systole et à sa diastole (5). C'est aussi dans les capillaires les plus déliés qu'elle se manifeste d'abord, et de là elle se propage peu à peu dans les rameaux et les branches (6). Cependant on ne remarque pas toujours une telle succession ; quelquefois même la circulation cesse tout à coup et sans fluctuation préalable (7). Mais ce ne sont pas seulement les forces immédiatement motrices qu'il faut prendre en considération dans le mouvement de la colonne sanguine ; on doit avoir égard aussi au point d'appui qu'elle trouve dans la portion qui vient après elle, et dans les parois : ainsi, en cas de blessure d'un vaisseau, cette colonne perd son point d'appui, la *vis a tergo* permanente qui l'empêchait de rétrograder, et elle reflue vers la plaie ; mais, comme la force motrice propre qui la poussait dans la direction normale conserve encore ses droits, il s'établit une fluctuation ; par conséquent, en cas

(1) Spallanzani, *loc. cit.*, p. 152.
(2) Haller, *Opera minora*, t. I, p. 76.
(3) Haller, *Opera minora*, t. I, p. 76.
(4) Wedemeyer, *Untersuchungen ueber den Kreislauf*, p. 219.
(5) *Ibid.*, p. 190.
(6) Spallanzani, *loc. cit.*, p. 147.
(7) Dœllinger, *loc. cit.*, t. VII, p. 227.

de plaie, le sang coule dans les artères vers le cœur, et dans les veines en sens inverse de son cours ordinaire, jusqu'à ce qu'après quelques oscillations, le courant naturel surmonte le courant rétrograde (1).

9° D'un autre côté, l'accroissement de la résistance peut faire que celle-ci devienne égale aux forces motrices, et que de là résulte une fluctuation. Ce cas a lieu d'abord à la rencontre de deux courans veineux consistant en des séries simples de globules; car alors l'un des deux courans rétrograde un peu, pour se reporter ensuite en avant (2). On l'observe aussi quand le courant qui vient du cœur arrive à la dilatation anévrysmale d'une artère dans laquelle le sang stagne et forme en partie des caillots (3). Il se voit également dans les vaisseaux capillaires dont les extrémités sont obstruées par des caillots; car alors les globules du sang deviennent fluctuans (4). Le même phénomène a lieu toutes les fois qu'un vaisseau vient à être rétréci ou obstrué par compression (5) ou par constriction (6). Enfin le resserrement d'une artère coupée en travers peut emprisonner le sang, de manière que, pendant la systole du cœur, il se porte en avant vers la plaie, et que, durant sa diastole, il reflue et s'écarte de la blessure (7).

V. La *stagnation* du sang dans une partie quelconque du corps ne peut avoir lieu que d'une manière momentanée pendant la vie : car tout porte à croire que, quand le phénomène dure quelque temps, comme, par exemple, dans le priapisme, il s'établit au moins une fluctuation. Mais, aux approches de la mort, on voit, avec le secours du microscope, les globules du sang couler avec plus de lenteur, s'agglomérer en masses de couleur foncée (8), et enfin s'arrêter tout-à-fait.

(1) Spallanzani, *loc. cit.*, p. 313.
(2) *Ibid.*, p. 177.
(3) Haller, *Opera minora*, t. I, p. 85, 198.
(4) Wedemeyer, *loc. cit.*, p. 196.
(5) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. I, p. 439.
(6) Spallanzani, *loc. cit.*, p. 146.
(7) *Ibid.*, p. 365.
(8) Œsterreicher, *loc. cit.*, p. 93.

10° Lorsqu'il s'en trouve plusieurs séries dans un vaisseau, les plus voisins des parois suspendent leur marche avant ceux qui occupent l'axe (1).

11° Reichel (2), Spallanzani (3) et Wedemeyer (4) ont vu la stagnation s'opérer d'abord dans les vaisseaux capillaires, et s'étendre peu à peu des ramifications vers les branches. Au contraire, dans les observations de Dœllinger (5) et de Haller (6), le sang s'arrêtait dans les troncs, tandis qu'il coulait encore dans les ramifications les plus déliées. Haller (7) a vu le courant veineux commencer à s'arrêter, tantôt dans les branches, et tantôt dans les troncs. On ignore encore quelles sont les circonstances desquelles dépend cette différence.

12° Le courant cesse plus tôt dans les artères, d'après les observations de Dœllinger et de Wedemeyer. Haller (8) l'a vu aussi se ralentir d'abord dans les artères, et (9) s'y arrêter, après l'excitation du cœur, avant de cesser dans les veines; mais, dans d'autres cas, c'étaient les courans veineux qui devenaient immobiles avant ceux des artères (10).

13° Suivant Spallanzani (11), la stagnation commence de meilleure heure à une grande distance du cœur que dans son voisinage, et Wedemeyer a remarqué que le cœur était la partie dans laquelle elle s'opérait en dernier lieu.

(Le mouvement du sang dans les vaisseaux capillaires est continu chez les animaux adultes, et l'on ne remarque pas d'accélérations saccadées tant que l'animal n'est point affaibli; mais, s'il devient plus faible, ou si une pression gêne la circulation, on voit le sang marcher par saccades, quoiqu'en

(1) Spallanzani, *loc. cit.*, p. 192.
(2) *De sanguine ejusque motu experimenta*, p. 24.
(3) *Loc. cit.*, p. 293.
(4) *Loc. cit.*, p. 93, 213.
(5) *Denkschriften der Akademie zu Muennchen*, t. VII, p. 227.
(6) *Opera minora*, t. I, p. 76.
(7) *Ibid.*, p. 93.
(8) *Ibid.*, p. 93.
(9) *Ibid.*, p. 77.
(10) *Ibid.*, p. 76, 91, 206.
(11) *Loc. cit.*, p. 298.

même temps d'une manière continue, dans les vaisseaux capillaires et surtout dans les petits courans artériels. Chez les animaux très-affaiblis, ou quand la compression est forte, le mouvement n'a lieu que par saccades, et n'est plus continu. Enfin on n'aperçoit plus que des oscillations, et les globules du sang ne progressent plus que peu à peu, attendu qu'après chaque pulsation la résistance de la substance les oblige de rétrograder un peu.

De même que les observateurs cités précédemment, j'ai remarqué, sur des larves de Tritons, dans les branches du système de la veine porte, et dans les vaisseaux capillaires du foie, jusqu'aux veines hépatiques, un mouvement continu, mais en même temps saccadé, tandis que la circulation marchait avec plus de rapidité dans les autres organes; le pouls n'était point appréciable, malgré la continuité du mouvement. Il arrive quelquefois aux globules du sang de s'arrêter dans certaines gouttières, et de ne participer au battement du cœur que par des oscillations. Mais, en général, il résulte d'observations multipliées que la direction et la force inégale des courans homogènes, leur prédominance sur d'autres, et l'inégalité dans le concours de deux petits courans pour en former un troisième par leur réunion, dépendent de causes mécaniques, et qu'il suffit de modifier celles-ci, en changeant le moins du monde la situation des parties, pour que tout prenne aussitôt un aspect différent.).(1)

2. PHÉNOMÈNES RELATIFS A L'ESPACE.

§ 715. Nous devons maintenant chercher à résoudre, d'après ces faits, la question de savoir si la masse du sang forme une colonne non interrompue, ou bien si elle offre des lacunes dans certaines parties, soit d'une manière constante, soit seulement de temps en temps.

I. Il est certain que le courant sanguin subit constamment une interruption dans les ventricules, de manière que le sang contenu dans les embouchures des veines ne fait pas corps, par le moyen du cœur, avec celui qui se trouve au commencement des artères. En effet, les valvules cardiaques ferment

(1) Addition de J. Muller.

les ventricules du côté des oreillettes pendant la systole, et du côté des artères pendant la diastole (§ 707, 2°).

4° Si nous réfléchissons maintenant que les ventricules ne se dilatent point parce que le sang y afflue, mais que l'afflux du sang résulte de ce qu'ils se dilatent (§ 906, 4°), que la diastole s'accomplit dans un instant indivisible, et avec une rapidité que ne pourrait point avoir la réplétion des cavités par le sang, nous devons présumer qu'immédiatement après la systole, les ventricules sont en partie vides, c'est-à-dire qu'ils contiennent un espace plein d'air. Si, en outre, l'onde de sang est poussée jusqu'à une certaine distance dans l'artère, par l'effet de la systole, mais reflue ensuite (§ 714, 6°) vers les valvules sigmoïdes, qui se sont cependant fermées d'elles-mêmes (§ 708, 3°), ce phénomène suppose également un espace qui ne soit point occupé en entier par du sang, et comme, pendant la diastole du cœur, le sang continue de couler du tronc artériel dans les branches (§ 714, II), mais que ce tronc n'est point assez flexible pour pouvoir se contracter dans la même proportion, nous sommes portés à admettre également ici un vide, ou un espace contenant de l'air. Fontana oppose à cette opinion une expérience faite par lui, et d'après laquelle l'aorte, quand il la piquait auprès des valvules sigmoïdes, donnait du sang pendant la diastole du cœur, en moins grande quantité seulement que durant la systole. Mais on ne saurait rien conclure de là contre nous; car nous admettons seulement qu'une certaine étendue de l'aorte n'est point remplie en totalité, nous ne prétendons pas qu'elle soit absolument vide, et quand bien même ce dernier cas aurait lieu, le sang n'en coulerait pas moins par la plaie. Spallanzani (1) a vu, sur des Salamandres, que le bulbe de l'aorte contenait peu de sang pendant la diastole des ventricules, mais qu'il n'en renfermait pas du tout quand la circulation était affaiblie, de manière qu'alors il avait une couleur pâle, et ne laissait échapper aucun liquide quand on l'ouvrait. Cependant on pourrait objecter que les fibres musculaires dont le bulbe aortique est garni ne permettent pas de le

(1) *Loc. cit.*, p. 138, 240.

comparer au commencement de l'aorte chez les animaux à sang chaud. Mais nous trouvons une preuve complète de la présence de l'air dans le bruit sensible à l'oreille que le courant du sang produit dans le cœur (§ 706, 2°), puisqu'on sait qu'un liquide enfermé, avec quelque force qu'il se meuve en lui-même et contre les parois du vaisseau, ne peut donner lieu à un son que quand il se trouve là de l'air.

II. Dans l'état normal, le sang doit représenter une colonne non interrompue dans l'intérieur du système artériel; car, s'il en était autrement, le choc du cœur ne pourrait se propager avec autant de rapidité dans toutes les ramifications des artères. Le cas est différent pour les veines; leurs valvules doivent se fermer, même dans l'état normal; il n'est pas admissible qu'elles ne soient là que pour des cas extraordinaires, et qu'elles puissent, sans que la santé s'en ressente, rester non déployées pendant toute la vie. Si le courant du sang n'était point, en réalité, interrompu par elles, il devrait, d'après les lois de l'hydrostatique, s'élever instantanément, dans les veines, d'une hauteur égale à la quantité dont il se serait abaissé dans les artères, et l'homme pourrait alors se tenir constamment la tête en bas, sans que cette situation causât le moindre trouble dans la circulation; or, comme il n'en est point ainsi, comme chez celui qui se tient la tête en bas, il ne remonte point par la veine jugulaire une masse de sang égale à celle qui est descendue par la carotide, comme enfin ces deux vaisseaux ne se comportent point à la manière d'un siphon à deux branches, il doit nécessairement exister des cloisons réelles. Maintenant ne se présenterait-il pas des circonstances dans lesquelles certaines parties du système vasculaire se videraient de sang, sans néanmoins s'oblitérer, et par conséquent seraient alors remplies d'air ?

2° De l'air libre n'existe ordinairement point dans le courant sanguin; car, lorsqu'il en a pénétré par accident, on le voit circuler, parmi les globules, sous la forme de bulles, qu'il n'est point d'usage de rencontrer. Ces bulles ont été aperçues par Redi et Caldesi dans des Tortues, par Haller (1)

(1) *Opera minora*, t. I, p. 183.

dans une Grenouille, par Reichel (1) dans plusieurs Grenouilles, par Spallanzani (2) dans des Salamandres. Blumenbach les a rencontrées si souvent (3), chez les Reptiles et les Poissons, qu'il les croyait constantes dans ces deux classes d'animaux. Bien que, dans la plupart de ces cas, l'air se fût introduit du dehors, il en est quelques uns néanmoins dans lesquels son développement paraissait pouvoir être rapporté au sang lui-même. Ainsi Spallanzani (4) a vu sortir d'un point anévrysmatiquement dilaté de l'artère pulmonaire, une petite bulle d'air, qui se mit à nager avec les globules du sang, et quand il touchait très-légèrement avec des pinces le mésentère d'une Salamandre (5), il voyait se former dans ce sang une multitude de petites bulles d'air, qui étaient entraînées lentement. Nous savons que le sang absorbe de l'air avec une facilité extrême (§ 674, 1°), et qu'il en perd beaucoup sous le récipient de la machine pneumatique (§ 683, 2°). On peut donc très-bien penser que, quand un vide vient à se produire dans son courant, il abandonne assez de l'air emprisonné entre ses molécules pour remplir cet espace. Les artères des cadavres sont vides de liquide, et par conséquent pleines d'air, qui doit s'être dégagé du sang; car, si Prochaska (6) n'a point vu de bulles s'en élever lorsqu'il les ouvrait sous l'eau, il faut que quelque erreur d'observation se soit glissée dans cette expérience.

3° Le vaisseau se moule sur le sang, et se resserre quand la masse de celui-ci diminue (§ 713, 3°); mais cette faculté ne saurait être illimitée. Le vaisseau, comme côté extérieur permanent du sang, peut entrer en désaccord avec ce dernier, et ne pas se resserrer en proportion de la diminution qu'éprouve son contenu, surtout lorsqu'il a des parois très-fortes, comme dans les troncs, ou quand il est fixé à des parties solides, par exemple à des os ou à des membranes fibreuses. Il n'est

(1) *Loc. cit.*, p. 16.
(2) *Loc. cit.*, p. 158.
(3) *Kleine Schriften*, p. 71.
(4) *Loc. cit.*, p. 158.
(5) *Ibid.*, p. 194.
(6) *Disquisitio organismi corporis humani*, p. 87.

pas rare que le microscope fasse découvrir, chez les animaux vivans, des vaisseaux vides de sang rouge, ou qui du moins n'en contiennent que peu. Haller (1) avait observé fréquemment ce phénomène; mais il admettait qu'alors les artères sont pleines de sérosité sanguine, hypothèse à l'appui de laquelle Wedemeyer (2) allègue que, dans les cas d'anémie, les globules ne se voient que dans l'axe des artères, et manquent au pourtour, où il doit par conséquent y avoir de la sérosité du sang. Il en pouvait fort bien être ainsi lorsque Wedemeyer (3) trouva plusieurs vaisseaux capillaires vides de sang dans le mésentère d'un Ecureuil, et quand Saissy (4) reconnut qu'en général les capillaires de la périphérie sont presque exsangues chez les animaux hybernans. Mais, dans les hémorrhagies mortelles, internes surtout, où les vaisseaux ont laissé échapper et le cruor et la sérosité sanguine, il n'y a pas le moindre doute que les petits vaisseaux transparens ne contiennent en réalité que de l'air, comme l'ont observé entre autres Morand (5) et Littre (6). Fréquemment, surtout après l'apoplexie et le typhus, on trouve de l'air dans les vaisseaux sanguins de la pie-mère (7), et, suivant la remarque expresse de Morgagni et de Baillie, on en rencontre même dans des cadavres dont la putréfaction ne s'est point encore emparée. Sœmmerring a demandé si cet air ne se serait point introduit lors de l'ouverture du crâne. Weber dit que le cas arrive (8); que, quand, après avoir scié la calotte du crâne, on la soulève avec la dure-mère, l'air pénètre, par les déchirures de celle-ci, dans le vide qu'on établit ainsi entre elle et le cerveau, et que, quand on réapplique la calotte, il s'insinue dans les veines dilacérées de la pie-mère. Mais, quoique le fait puisse fort bien avoir lieu, il n'en est pas

(1) *Opera minora*, t. I, p. 174.
(2) *Loc. cit.*, p. 196.
(3) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1828, p. 343.
(4) Recherches sur la physique des animaux hybernans, p. 44.
(5) Hist. de l'Acad. des sciences, 1707, p. 167.
(6) *Ibid.*, 1714, p. 330.
(7) Burdach, *Vom Baue des Gehirns*, t. III, p. 18.
(8) *Adnotationes anatomicæ*, p. 24.

moins difficile de croire que les choses se soient passées ainsi dans tous les cas où l'on a trouvé les vaisseaux contenant de l'air ; car presque toujours une affection du cerveau avait précédé la mort, et l'ouverture des corps constata qu'il y avait défaut de sang et surabondance de sérosité ; or on ne saurait admettre que Morgagni, Baillie et tous ceux qui se sont occupés d'anatomie pathologique, aient, dans tous les cas de ce genre, ouvert le crâne de manière à rendre la pénétration de l'air possible. Weber fait remarquer lui-même (1) qu'il arrive quelquefois au pouls des parties situées au dessous d'un anévrysme de ne point être isochrone avec celui des autres artères, parce que la tumeur renferme une certaine quantité d'air qui interrompt la propagation du choc transmis par le cœur.

Villermé a vu, pendant la vie, les veines de l'urètre enflammé distendues par de l'air (2). En ouvrant le cadavre d'un cholérique, Dieffenbach a trouvé une artère complétement vide et béante, de manière qu'il pouvait plonger les regards dans sa capacité intérieure.

Au reste, nous n'avons pas l'intention de prétendre que les oscillations du courant sanguin et sa direction tantôt vers telles anastomoses ou tels plexus, tantôt vers tels autres, supposent toujours un vide. Nous n'attachons pas non plus trop de poids aux observations de Rosa (3), qui veut que les artères contiennent les deux tiers d'air et un tiers seulement de sang, non plus qu'à celles de Krimer (4), qui dit avoir, sur un Veau vivant, trouvé du gaz acide carbonique et du gaz oxygène dans l'artère cœliaque liée un moment après la pulsation. Mais ce que nous croyons devoir affirmer, en nous fondant sur la variabilité et la mobilité excessive du sang, c'est que la colonne de ce liquide peut être interrompue, dans certaines circonstances, par des lacunes ou des espaces vides, qui ne tardent pas à se remplir de l'air qu'il a tant de propension à dégager.

(1) *Ibid.*, p. 6.
(2) Dict. des sc. médic., t. XLIII, p. 363.
(3) *Giornale per servire alla storia della medicina*, t. I, p. 149.
(4) *Versuch einer Physiologie des Blutes*, p. 184.

B. *Phénomènes quantitatifs.*

§ 746. La rapidité de la marche du sang se manifeste de plusieurs manières.

1° Par la fréquence des battemens du cœur. Mais cette fréquence varie beaucoup suivant les individus. Chez les sujets irritables et de petite taille, le pouls est plus fréquent que chez ceux qui sont douées d'une grande puissance musculaire et dont le cœur se vide complétement à chaque systole. La fréquence est plus grande aussi chez les personnes sanguines que chez celles d'un tempérament phlegmatique, et chez la femme que chez l'homme (§ 180, 5°). Si le cœur de l'embryon bat cent cinquante fois par minute (§ 471, 3°), le nombre de ses pulsations tombe à cent quinze pendant la première année de la vie (§ 534, 2°), à cent dix durant la seconde, à cent durant la troisième, à quatre-vingt-six jusqu'à l'âge de sept ans (§ 539, 2°), à quatre-vingts pendant la seconde enfance (§ 550, 3°), à soixante et quinze dans la jeunesse (§ 556, 3°), à soixante-et-dix et jusqu'à soixante-cinq dans l'âge avancé, à cinquante dans la vieillesse (§ 588, 1°). Nous avons déjà vu que le pouls change à la puberté (§ 558, 4°), pendant la menstruation (§ 464, 2°), la copulation (§ 447, 1°), la grossesse (§ 347, 2°) et la parturition (§ 495, 5°). Nous avons fait remarquer aussi que le courant du sang éprouve, comme la mer, deux fois par jour un flux ou reflux (§ 606, 1°). La fréquence augmente après le repas (§ 767); le nombre des pulsations s'élève jusqu'à cent et cent cinquante dans la fièvre ; il s'accroît dans les grandes hémorrhagies, et Hales avait déjà remarqué que cette cause en porta le nombre de quarante à cent dans un Cheval, etc. Au milieu d'une telle variabilité, dépendant et de l'individualité et des circonstances de la vie, il est très-difficile de déterminer la fréquence du pouls dans chaque espèce d'animal. Cependant le tableau suivant, qui indique le terme moyen des battemens cardiaques par minute, pourra servir d'évaluation approximative.

7		Requin (1).	
15			Moules (2).
20		Carpes.	
24		Anguilles (3).	
34			Limaçons (4).
36	Cheval (5).		Chenilles (6).
38	Bœuf (7).		
50	Ane (8).		Ecrevisse (9).
60			Papillons (10).
74	Chèvre (11).		
75	Brebis (12).		
75	Hérisson (13).		
77		Grenouille (14).	
90	Marmotte (15).		Sauterelle (16).
90	Singe (17).		
75	Chien (18).		
175	Muscardin (19).		
110	Chat (20).	Oie (21).	

(1) Scoresby, *Tagebuch einer Reise auf den Wallfischfang*, p. 397.
(2) Pfeifer, *Naturgeschichte deutscher Mollusken*, t. II, p. 22.
(3) D'après Fontana.
(4) Pfeifer, *loc. cit.*
(5) Vetel, dans Froriep, *Notizen*, t. XXIV, p. 112.
(6) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. I, p. 472.
(7) D'après Vetel.
(8) D'après le même.
(9) Carus, *Von den œussern Lebensbedingungen*, p. 83.
(10) D'après Meckel.
(11) D'après Vetel.
(12) D'après le même.
(13) D'après Saissy (*loc. cit.*, p. 40).
(14) D'après Fontana.
(15) D'après Saissy.
(16) D'après Meckel.
(17) D'après Prevost et Dumas.
(18) D'après Vetel.
(19) D'après Saissy.
(20) D'après Vetel.
(21) D'après Prevost et Dumas.

120	Lapin (1).		*Monoculus castor* (2).
136		Pigeons (3).	
140	Cochon d'Inde (4).	Poule (5).	*Bremus terrestris* (6).
220		Héron (7).	*Monoculus pulex* (8).

Ici non plus nous ne remarquons point de gradation correspondante à celle de l'organisation animale en général ; nous apercevons bien plutôt un concours de circonstances diverses. L'une des plus importantes paraît être la quantité du sang ; le cœur bat près de deux fois plus dans le maigre Papillon que dans la Chenille abondamment pourvue de sucs. Les troncs vasculaires de la Sangsue battent sept à huit fois, quelquefois dix à quinze fois par minute, ceux du Ver de terre quatorze à dix-huit fois, et quand on irrite l'animal, vingt-quatre fois. Les Mollusques marchent à peu près de pair avec les Annélides, quant à l'abondance des sucs, et aussi quant au peu de fréquence des battemens du cœur. De même, les Oiseaux étant ceux des animaux chez lesquels la quantité relative du sang est le moins considérable, c'est aussi chez eux que la fréquence du pouls arrive à son maximum. Dans les Mammifères, le volume du corps paraît être une des circonstances déterminantes ; mais l'activité de la vie animale entre aussi en ligne de compte, car le Singe a le pouls plus fréquent que le Hérisson, malgré sa taille plus grande, parce qu'il a aussi plus de vivacité. Les Ruminans et les Rongeurs sont en antagonisme les uns avec les autres eu égard tant à l'abondance des sucs qu'au plus ou moins de fréquence des battemens du cœur.

(1) D'après les mêmes.
(2) Jurine, Hist. des Monocles, p. 57.
(3) D'après Prevost et Dumas.
(4) D'après les mêmes.
(5) D'après les mêmes.
(6) D'après Meckel.
(7) D'après Prevost et Dumas.
(8) Jurine, *loc. cit.*, p. 103.

2° Le temps que le sang emploie à faire sa révolution complète dans le corps, ne peut être déterminé que d'une manière approximative, parce que les quantités d'après lesquelles on aurait à le calculer n'ont rien de fixé. Nous considérerons comme termes moyens les plus sûrs, chez l'homme, un nombre de soixante-quinze battemens du cœur par minute, et un poids de cent soixante livres ; mais, quant à ce qui concerne la proportion entre la quantité de sang qu'une systole chasse du cœur et celle qui existe dans le corps entier, nous indiquerons les extrêmes, dont la moyenne nous donnera ensuite la proportion la plus probable.

En admettant, comme on peut le faire d'après les remarques de Wrisberg, que la masse totale du sang est de trente livres, et, comme le dit Senac (1) entre autres, qu'une once de ce liquide est lancée chaque fois par le cœur, une circulation comprend quatre cent quatre-vingts pulsations, et exige six minutes vingt-quatre secondes ; le sang circule donc neuf fois trois huitièmes dans l'espace d'une heure, et en trente-quatre minutes huit secondes il passe, par le ventricule aortique, une quantité de ce liquide équivalente au poids du corps entier. Si, au contraire, nous admettons le minimum de la masse du sang, fixé par Herbst à dix livres, et le maximum de l'onde sanguine, qui est de deux onces selon Prochaska, une circulation exige quatre-vingts pulsations, et dure une minute quatre secondes ; elle se répète cinquante-six fois et un quart dans l'espace d'une heure, et en dix-sept minutes quarante secondes elle fait passer dans le ventricule aortique une quantité de sang égale à celle du corps entier. Ce sont là les extrêmes ; mais, en admettant, comme terme moyen, qu'un homme a vingt livres de sang, et que le cœur en chasse une once et demie à chaque systole, ce liquide fera en deux minutes et cinquante et une secondes une révolution entière, comprenant deux cent quatorze pulsations ; il circulera vingt-une fois dans une heure, et la masse qui traversera le ventricule aortique en vingt-deux minutes cinquante et une secondes égalera le poids du corps. Suivant Hales, le ventricule aortique est

(1) *Loc. cit.*, t. II, p. 44.

traversé par une masse de sang égale au poids du corps en six à onze minutes dans le Chien, dix-huit à trente-six chez l'homme, vingt dans la Brebis, soixante dans le Cheval, et quatre-vingt-huit dans le Bœuf.

L'incertitude où nous sommes relativement à la quantité du sang dans le corps entier, les différences que la capacité des ventricules présente chez les individus, et l'inconstance de la fréquence du pouls, ont déterminé Hering (1) à rejeter cette estimation comme trop vague. Il a tenté de déterminer d'une manière directe la rapidité de la circulation chez les Chevaux, en injectant du cyanure de fer et de potassium dans la veine jugulaire, et observant combien de temps s'écoulait jusqu'à ce qu'il retrouvât ce sel dans le sang de divers vaisseaux, mais surtout dans celui de la veine jugulaire du côté opposé, c'est-à-dire jusqu'à ce que le sérum, étalé sur du papier blanc, se colorât en bleu par la dissolution du sulfate de fer, avec addition de quelques gouttes d'acide hydrochlorique. Voici quels ont été les résultats de ses expériences; le cyanure se montra au bout de dix à vingt-cinq secondes dans l'artère maxillaire, de quinze à vingt dans la massétérine, de vingt à trente dans la métatarsienne, de vingt à vingt-cinq dans la veine jugulaire opposée, de vingt-trois à trente dans la thoracique externe, et de vingt dans la saphène. Mais il me semble qu'on se tromperait beaucoup si l'on voulait tirer de ces expériences la conclusion que la circulation s'opère d'une manière complète en vingt à vingt-cinq secondes chez le Cheval. Tant de rapidité paraît réellement impossible; car le ventricule aortique de cet animal a tout au plus une capacité de dix onces (ordinairement de six et quelquefois de trois). En supposant qu'à chaque systole il lance dix onces de sang (maximum), et que quarante-quatre pulsations aient lieu par minute, ce qui est déjà une fréquence peu ordinaire, nous aurions onze livres et quatre onces de sang en vingt-cinq secondes; or il est évident que ce ne peut point être là l'entière masse du sang. Hales, après avoir enlevé vingt-huit livres de sang à un Cheval, en ayant trouvé encore dans les veines, le cœur et l'aorte abdo-

(1) *Zeitschrift fuer Physiologie*, t. I, p. 89-126.

minale, admit que la masse totale de ce liquide s'élevait à une quarantaine de livres, ce qui n'est certainement pas trop pour un animal pesant au-delà de huit cents livres : or si le maximum d'une onde de sang est de dix onces, un intervalle d'une minute et trente-sept secondes est le moindre espace de temps que la masse entière du sang puisse employer pour une révolution complète. L'impossibilité d'admettre le résultat qui découle des expériences de Hering ressort déjà de ce que le cyanure parut dans la veine jugulaire opposée tout aussi rapidement après quarante-quatre pulsations par minute qu'après soixante, et qu'il n'y eut un retard de quelques secondes que dans les cas de trente à quarante-trois battemens, tandis qu'il aurait dû y avoir une différence considérable, si le phénomène s'était rattaché uniquement à la révolution du sang. On pourrait présumer, d'après ces expériences, que certaines substances hétérogènes, comme le cyanure de potassium, se répandent dans la masse entière du sang avec plus de rapidité que ne marche le courant lui-même, ou qu'elles ne pénètrent pas aussi facilement dans les vaisseaux capillaires de certains organes, restent davantage dans le courant principal, et passent plus vite dans les veines, si la circonstance suivante n'avait pas pu prendre part au résultat.

3° Nous touchons ici un point qui n'a point encore été assez examiné jusqu'à présent, et qui seul prouve le défaut de précision de notre manière d'évaluer la vitesse de la circulation, comme aussi celle de toute autre méthode ; nous voulons dire la longueur inégale des carrières que le sang parcourt. Le courant sanguin est une agrégation d'un grand nombre de petits courans, qui diffèrent beaucoup les uns des autres, eu égard à leur longueur, par conséquent aussi, sous le rapport du temps qui s'écoule depuis leur sortie du ventricule aortique jusqu'à leur rentrée dans cette cavité. Ainsi le sang qui coule de l'aorte dans les veines coronaires du cœur doit retourner à l'oreillette droite après un petit nombre de pulsations, et plus tôt que celui de tout le reste du corps ; celui qui passe de la première branche de la carotide dans la partie inférieure de la veine jugulaire, en traversant la glande thyroïde, parcourt un chemin bien plus court que celui qui, des

branches terminales de la carotide, va gagner le cerveau et d'autres parties de la tête; celui qui parvient du tronc de l'aorte dans celui de la veine cave, en traversant les reins, revient au cœur avant celui qui parcourt les longues artères mésentériques, puis le système de la veine porte, ou que celui qui est dirigé dans le bassin et les membres inférieurs par les ramifications terminales de l'aorte. D'après cela, parmi les globules du sang qui se rencontrent dans l'oreillette droite, quelques uns pourraient n'avoir mis que cinq ou six secondes pour y venir du ventricule aortique, tandis que d'autres auraient employé un laps de temps plus considérable, peut-être même cinquante fois plus long, pour parcourir le même trajet.

4° La quantité du sang qui arrive aux divers organes varie en raison du nombre et du diamètre de leurs vaisseaux. Les poumons reçoivent autant de sang que le reste du corps, plus même que lui, puisqu'ils lui en soustraient encore un peu par les vaisseaux bronchiques. On a cru trouver là une grande difficulté, qu'on a cherché à écarter, soit, comme Hales, en admettant que la circulation se fait avec plus de vélocité dans les poumons, soit, comme Bichat, en proposant d'autres conjectures. Mais cette égalité entre les poumons et le reste tout entier du corps est détruite par l'inégalité de la carrière que le sang parcourt et par celle de la masse de liquide qui la remplit. Le courant sanguin passe des veines caves dans l'aorte par une sorte de diverticule latéral que représentent l'artère et les veines pulmonaires. Que ce détour soit grand ou petit, la proportion entre le courant contenu dans les veines caves et celui qui coule dans l'aorte demeure le même : que les poumons renferment dans leurs vaisseaux une demi-livre ou une livre entière de sang, ils peuvent, sans nul changement dans la vélocité de ce liquide, en recevoir deux onces de la veine cave, et en rendre tout autant à l'aorte durant le même laps de temps. Ainsi, d'après le calcul de Hales, le courant du sang pulmonaire ne serait pas cinq fois plus rapide, mais la carrière qu'il parcourt serait cinq fois plus courte que celle du sang dans le reste du corps. Haller a vu le sang ne pas couler plus vite dans les

poumons que dans d'autres organes (1), et s'élancer de la veine pulmonaire par un jet presque aussi fort que de l'aorte (2). Kerr (3) allègue, comme objection contre la doctrine de la circulation, que la plus grande partie des poumons peut être détruite par la suppuration sans que les vaisseaux du reste éprouvent aucune dilatation : mais, pourvu qu'il en demeure assez pour pouvoir contenir quatre onces de sang, ils sont aptes encore à maintenir l'uniformité du courant sanguin, puisqu'ils reçoivent deux onces de liquide et en expulsent simultanément autant, quoique, en pareil cas, l'onde du sang puisse aussi ne s'élever qu'à une once, ou même à une demi-once, sans que le courant qui a lieu dans le système aortique vienne à être troublé.

5° La rapidité de la marche du sang peut être plus ou moins considérable dans certains organes que dans d'autres ; mais il ne résulte de là aucun dérangement tant que la masse de liquide que l'organe reçoit du courant général est égale à celle qui en sort pour aller regagner ce dernier. Spallanzani (4) a trouvé que la circulation avait la même vélocité dans toutes les parties des Grenouilles, mais que, chez les Salamandres (5), elle était plus lente dans le mésentère que dans les poumons et la tête, plus lente que partout ailleurs dans les veines hépatique et splénique (6), et parfois même trois fois plus lente là que dans les veines mésentériques. Des observations analogues ont été faites par Wedemeyer (7). J. Muller (8) a vu la circulation plus lente dans le foie que dans d'autres parties, et dans les veines hépatiques que dans la veine porte.

6° Toutes ces circonstances réunies font qu'on chercherait en vain à trouver une mesure générale de la vélocité du cours du sang. On part d'hypothèses dont la démonstration ne peut

(1) *Opera minora*, t. I, p. 191.
(2) *Ibid.*, p. 73, 225.
(3) *Observations on the harveian doctrine*, p. 146.
(4) Expér. sur la circulation, p. 271.
(5) *Ibid.*, p. 269.
(6) *Ibid.*, p. 197.
(7) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1828, p. 349.
(8) *Ibid.*, 1829, p. 188.

être donnée, ou de quelques faits isolés, qu'on généralise sans être en droit de le faire, et l'on arrive ainsi aux résultats les plus disparates. Keil a calculé que, si, à chaque battement du cœur, il sort du ventricule aortique une once = 1,659 pouce cube de sang, ce qui donnerait, en comptant quatre-vingts pulsations par minute, 132,72 pouces cubes, et si on évalue l'orifice de l'aorte à 0,4187 pouce, le sang parcourt par minute une distance de vingt-six pieds, attendu qu'un cylindre ayant 0,4187 pouce de diamètre et contenant 132,72 pouces de liquide, doit avoir trois cent seize pouces ou vingt-quatre pieds de long. Mais comme la diastole dure le double de la systole, et que cependant elle ne contribue point à la propulsion du sang, le sang pousse ce liquide de soixante-dix-huit pieds par minute, ou de cent cinquante-six, en portant à deux onces la quantité qui sort chaque fois du ventricule aortique (1). Suivant Morgan, le sang parcourt onze pouces par seconde, et quinze d'après Robinson (2). A chaque systole du cœur, il en sort, d'après Sœmmerring (3), vingt-quatre pouces de sang; suivant Hales, douze pouces; selon Boissier (4), trois pouces et trois lignes. Prochaska dit que chacune envoie seize lignes de sang dans les troncs, une ligne dans les branches, et un tiers de ligne dans les vaisseaux capillaires (5). Arnott assure qu'en une seconde il coule huit pouces de ce liquide dans l'aorte, et que cette quantité va toujours en diminuant dans les ramifications, de sorte que les vaisseaux capillaires les plus déliés ne reçoivent souvent pas un pouce de sang par minute (6).

CHAPITRE II.

Des causes de la vie extérieure du sang.

§ 717. Si, après avoir passé en revue les phénomènes les

(1) Haller, *Elem. physiolog.*, t. I, p. 449.
(2) *Ibid.*, p. 455.
(3) *Gefæsslehre*, p. 104.
(4) Haller. *Elem. physiolog.*, t. I, p. 449; t. II, p. 164.
(5) *Loc. cit.*, t. I, p. 100.
(6) *Elemente der Physik*, t. I, p. 486.

plus essentiels de la marche du sang, nous voulons remonter aux causes de cette dernière, nous avons d'abord à examiner quelles sont celles des battemens du cœur.

ARTICLE I.

Des causes du mouvement du cœur.

La première chose à faire, pour connaître la cause des mouvemens du cœur, est de rechercher quelles sont les circonstances dans lesquelles ils ont lieu.

I. Or nous voyons d'abord un fait positif, c'est que le cœur réagit contre une stimulation, c'est-à-dire que certaines impressions le sollicitent à manifester sa vitalité de la manière qui lui est propre, par le mouvement. Lorsque ses mouvemens normaux viennent à languir, on peut les rendre plus forts ou plus accélérés, et quand ils ont cessé, on peut aussi les ranimer, par l'application d'un stimulus. Après qu'il a été enlevé à un animal vivant et bien portant, son impressionnabilité est plus vive, sa mobilité plus énergique, sa vitalité de plus longue durée, que quand on l'a tiré du corps d'un animal épuisé ou dont la mort a été lente. Les irritations qu'on dirige sur sa face interne agissent avec plus de force que celles qu'on porte sur sa face externe. Mais on peut aussi le couper par lambeaux, et déterminer chacun d'eux à entrer en mouvement. Les actions à l'aide desquelles on fait naître ces phénomènes varient beaucoup, et on les désigne sous le nom d'irritations.

1° Au premier rang se placent l'électricité et le galvanisme. Lorsque Humboldt (1) mettait un cœur entre deux morceaux de substance musculaire, ou entre d'autres corps conducteurs, et qu'il armait ceux-ci, son mouvement éteint se ranimait, ou celui qui persistait encore s'accélérait; si le cœur était déjà assez affaibli pour ne plus battre qu'une seule fois toutes les quatre minutes, le nombre de ses pulsations s'éle-

(1) *Ueber die gereizte Muskelfaser*, t. I, p. 343.

vait à trente-cinq par minute, et quand, au bout de cinq minutes, les battemens se trouvaient redescendus à trois, une nouvelle application du galvanisme les faisait remonter à vingt-cinq par minute.

2° Haller (1) et Senac (2) ont vu la chaleur de la main ou de l'haleine provoquer de nouveaux mouvemens dans le cœur de l'embryon de Poulet. L'eau chaude en déterminait de plus rapides encore, mais qui duraient moins.

3° Une irritation mécanique, le contact d'un corps solide, l'apposition du doigt surtout, la compression, les piqûres, les incisions, provoquent des mouvemens.

4° Il en est de même des irritans chimiques, par exemple, des acides.

5° L'air agit avec plus de force encore que les acides (3), et même que tous les autres stimulus (4). Il suffit de pousser de l'air dans les veines caves pour ranimer les battemens du cœur long-temps après la mort. Peyer (5), Harder (6) et Brunner (7) ont vu l'insufflation du canal thoracique réveiller les pulsations de cet organe chez des animaux morts. Portal (8), Hunauld et Senac (9) ont même été témoins du phénomène sur des cadavres humains.

6° Les liquides agissent en raison de leur volume, de leur choc et de leur nature chimique. Mais, sous ce dernier point de vue, le sang est le stimulus naturel du cœur. Nous en avons la preuve dans les faits suivans, dont Senac avait déjà présenté l'ensemble (10).

a. Quand on s'oppose à l'abord de sang nouveau, en liant les troncs veineux, le mouvement du cœur devient plus fai-

(1) *Opera minora*, t. II, p. 389.
(2) *Loc. cit.*, t. II, p. 140.
(3) Haller, *Opera minora*, t. I, p. 152.
(4) *Ibid.*, p. 170.
(5) Scheel, *Die Transfusion des Blutes*, t. I, p. 242.
(6) *Ibid.*, p. 245.
(7) *Ibid.*, p. 249.
(8) *Ibid.*, t. II, p. 112.
(9) *Loc. cit.*, t. II, p. 139.
(10) *Loc. cit.*, t. II, p. 132.

ble (1). Cet organe se contracte bien, parce qu'il contient encore un peu de sang, mais ses contractions sont faibles, et, comme il n'y a qu'une puissante systole qui puisse le vider d'une manière complète, une certaine quantité de sang reste dans son intérieur. Barkow (2) a vu, après la ligature de la veine cave, l'oreillette se contracter sans chasser de sang dans le ventricule; lorsqu'il vint ensuite à ouvrir le cœur et à le distendre avec des pinces, le sang s'écoula, et les pulsations cessèrent.

b. Quand, sur un animal ouvert vivant, on a réduit le cœur déjà fatigué au repos en le vidant, si on y laisse arriver du sang, il se meut de nouveau.

c. La portion du cœur qui ne reçoit point de sang meurt la première. Lorsque les poumons, affaissés sur eux-mêmes par l'ouverture de la cavité pectorale, ne fournissent plus de sang au cœur gauche, celui-ci cesse de battre, tandis que le cœur droit, qui admet encore du sang, continue d'agir. Si, au contraire, après avoir lié l'aorte, on pratique la section des veines caves et de l'artère pulmonaire, de manière que le cœur droit se vide sans recevoir de nouveau sang, l'oreillette droite est tout-à-fait immobile, et le ventricule droit ou ne se meut plus du tout, ou n'exécute que des mouvemens extrêmement faibles, et cela seulement en vertu de sa connexion avec le ventricule aortique, qui alors est la partie dans laquelle les pulsations persistent le plus longtemps (3).

d. Quand on se contente de lier les artères, pour empêcher que le cœur ne se vide, il se contracte plus fréquemment et avec plus de violence que quand le sang est libre d'y entrer et d'en sortir.

e. Enfin, nulle liqueur autre que le sang ne détermine des mouvemens du cœur aussi forts et aussi réguliers (4). Lorsque Dieffenbach faisait couler du sérum dans les veines d'animaux qu'il avait réduits à l'état de mort apparente en lais-

(1) Haller, *Opera minora*, t. I, p. 170.

(2) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1830, p. 5.

(3) Haller, *Opera minora*, t. I, p. 60.

(4) Senac, *loc. cit.*, t. II, p. 135.

sant perdre tout leur sang, la revivification n'avait pas lieu, tandis que le cœur recommençait à battre dès qu'il injectait du sang entier.

Merk (1) nie que ce soit le sang qui sollicite le cœur à se mouvoir, parce que l'afflux et l'écoulement de ce liquide ont lieu peu à peu, et que le mouvement du cœur s'opère au contraire tout d'un coup. Mais une irritation quelconque n'appelle une réaction qu'à la condition d'être portée elle-même jusqu'à un certain degré, et comme on ne saurait nier que l'irritation produite à la vessie par l'urine soit la cause qui la détermine à se vider, parce que le viscère a la faculté de retenir le liquide pendant des heures entières sans se contracter, de même on ne peut mettre en doute que c'est le sang qui stimule le cœur, parce que ce muscle ne se vide qu'après avoir été rempli entièrement. Une autre objection, celle que le cœur de l'embryon se meut avant de contenir du sang, est réfutée par l'observation du fait contraire (§ 399, 7°). Une troisième enfin, celle que le rhythme des battemens du cœur peut changer dans des circonstances qui n'exercent aucune influence sur le courant du sang, est sans valeur, puisque la faculté d'être affecté par la stimulation du sang n'exclut pas celle de ressentir l'action des autres stimulus.

II. Mais nous reconnaissons dans le cœur une force motrice qui, bien qu'elle ne se décèle ordinairement que quand elle vient à être sollicitée du dehors, peut néanmoins se manifester sans cette condition, et d'après un type propre à elle.

7° La systole a lieu sans stimulation. Le cœur excisé et vidé se meut encore d'une manière rhythmique, pendant plusieurs heures, par exemple chez les Grenouilles et les Salamandres (2), et l'air n'en est point la cause, car le mouvement continue même sous le récipient de la machine pneumatique (3). Il arrive aussi quelquefois que le cœur continue de se mouvoir après la ligature des troncs veineux (4).

8° Les stimulations ont beau continuer d'agir, la diastole ne

(1) *Ueber die thierische Bewegung*, p. 112.

(2) Spallanzani, Expér. sur la circulation, p. 356.

(3) Arnott, *loc. cit.*, p. 86.

(4) Haller, *Opera minora*, t. I, p. 151, 203.

s'en établit pas moins; quoiqu'on lie les artères, de manière à empêcher le cœur de se vider, la systole et la diastole continuent cependant d'alterner ensemble. Quand Fontana piquait le cœur au moment de la diastole commençante, l'organe continuait de se distendre, et il ne pouvait, ni par des piqûres multipliées ni par l'application des caustiques ou du fer rouge, déterminer une contraction qui fût seulement d'un instant plus prolongée que la systole normale.

9° Il n'y a pas jusqu'aux lambeaux d'un cœur mis en pièces qui montrent des alternatives de contraction et d'expansion.

10° Nous reconnaissons donc là un type intérieur, qui consiste en deux temps alternatifs, s'appelant réciproquement l'un l'autre, et que nous discuterons plus amplement lorsque nous en serons arrivés à l'examen de l'action musculaire.

III. Nous avons trouvé (§ 480, 485) que la parturition dépendait d'une force inhérente à la matrice, qui se déploie d'après un type propre, et qui agit de son propre essor; mais qui, dans l'état normal, est sollicitée par l'irritation à se manifester, et que là règne une harmonie en vertu de laquelle la force interne et la stimulation du dehors arrivent simultanément au point où doit éclater l'effet commun de toutes deux. Nous avons reconnu, en outre, que l'organisme porte en lui-même la raison de sa périodicité (§ 594, 1°), mais que celle-ci est mise en jeu par un rapport harmonique du monde extérieur (§ 594, 3°). Une harmonie semblable se montre à nous dans le cœur; quand cet organe s'est contracté, non seulement sa force contractile est épuisée, mais encore le stimulus qui la sollicitait s'est éloigné, et la diastole a lieu; après qu'il s'est reposé pendant cette dernière, non seulement sa force contractile est, pour ainsi dire, rajeunie (§ 593), mais encore le sang s'est accumulé en telle quantité dans son intérieur, qu'il doit agir sur lui comme stimulus, et ces deux circonstances réunies amènent la systole.

§ 718. Le cœur agit comme muscle, notamment comme muscle creux, de sorte que la cause de ses mouvemens ne se déroulera clairement à nos yeux que quand nous considérerons la force musculaire sous toutes ses formes. Par anti-

cipation, nous allons signaler quelques traits qui sont particuliers au cœur.

1° Cet organe est le plus robuste de tous les muscles. Il se distingue d'eux tous par sa rougeur plus intense, sa fermeté plus grande, la pureté plus prononcée de ses fibres, qui sont serrées les unes contre les autres, sans gaînes celluleuses, et qui reçoivent les nerfs, proportion gardée, les plus grêles. Sa force motrice est plus puissante que celle d'aucun autre muscle; en introduisant la main dans le bas-ventre d'un animal à sang chaud vivant, la faisant passer par une ouverture du diaphragme et empoignant le cœur, on peut se convaincre de l'énergie avec laquelle il exécute son élévation et son abaissement. Cet organe agit sans interruption, pendant le sommeil comme à tous les momens de la veille, et durant la vie entière, à partir de l'instant où il n'existe point encore d'autres muscles, jusqu'à celui où ces derniers ont déjà cessé d'agir. Enfin, tandis que les autres muscles ne servent jamais qu'à certaines fonctions et d'une manière partielle, le cœur est le muscle général de la vie, son activité est la condition de toutes les autres.

2° Il y a des liens intimes entre le cœur et tout l'ensemble de l'organisme. Quand une des conditions extérieures de la vie, notamment la chaleur, ou l'air, ou le sang, vient à être soustraite, le cœur cesse de se mouvoir, et tous les phénomènes de la vie s'éteignent : l'animal tombe dans l'état de mort apparente (congélation, asphyxie, épuisement par hémorrhagie), c'est-à-dire que la vie devient latente. Elle n'est point attaquée dans ses fondemens, mais seulement arrêtée dans ses manifestations, parce que les conditions de ces dernières manquent, et quand on les lui rend, elle rentre de nouveau en exercice. Mais si l'état latent se prolonge, la vie s'éteint, et le cœur perd son irritabilité, comme sa faculté d'agir.

3° Lorsque les connexions du cœur avec le reste de l'organisme ont été détruites, ou que son activité normale est éteinte, par la cessation de la vie générale, il manifeste encore pendant quelque temps une vie partielle sous l'influence de stimulus mis en rapport avec lui (§ 634, VI). Mais la durée de cette vie partielle n'est point en raison directe de la force

musculaire; loin de là même, elle est d'autant moindre, dans les différentes espèces d'organismes animaux, que la vie animale est plus développée, qu'il règne davantage d'unité entre les fonctions, et qu'en particulier la respiration est un besoin plus impérieux pour la vie générale. Ainsi l'irritabilité du cœur dure plus long-temps chez les fœtus qui approchent du terme de la maturité que chez les animaux venus au monde; Forchhammer, par exemple (1), l'a vu battre encore trois à quatre heures dans des embryons de Blennie, et ses mouvemens persistent plus long-temps chez les animaux vertébrés qui viennent de naître que chez les adultes, comme l'avait déjà remarqué Senac (2). Il conserve plus long-temps son irritabilité chez les animaux à sang froid que chez ceux à sang chaud. Ainsi Scoresby a vu le cœur du Requin battre encore pendant quelques heures après avoir été arraché du corps. Son activité s'éteint plus vite chez les Oiseaux que chez les Mammifères, ce qu'explique peut-être le plus grand besoin de respiration qu'éprouvent ces animaux. Du reste, abstraction faite du hasard des circonstances dans lesquelles de telles observations sont recueillies, il ne faut point s'attendre à trouver ici une parfaite harmonie avec l'échelle générale de l'organisation et de la vie. Le cœur d'un Limaçon, arraché du corps, battit pendant un quart d'heure, selon Carus (3), et conserva son irritabilité durant près de deux heures et demie; celui de l'Écrevisse battait cinq minutes, et demeurait irritable pendant dix.

4° De même, il est presque impossible d'établir rien de général relativement à la durée de son irritabilité comparée à celle des autres tissus musculeux, parce que l'état dans lequel les diverses parties se trouvaient avant la mort, et la nature des moyens stimulans qu'on emploie, deviennent la source de variations infinies. En général, le cœur conserve sa vitalité plus long-temps que d'autres muscles creux; mais la matrice prête à accoucher (§ 484, 2°) fait exception à cette règle. Les muscles soumis à la volonté perdent leur irrita-

(1) *De blennii vivipari formatione*, p. 12.
(2) *Loc. cit.*, t. II, p. 142.
(3) *Von den æussern Lebensbedingungen*, p. 84.

bilité avant le cœur, selon Haller (1), après lui, suivant Fontana, avant les oreillettes et après les ventricules, selon Nysten (2). La nature des stimulans exerce une influence considérable ; le cœur perd avant les muscles soumis à la volonté la faculté d'être mis en jeu par le galvanisme (3); mais il se meut encore sous l'empire de l'air, quand nul autre muscle creux n'a plus aucune trace de vitalité, et lorsque lui-même est déjà devenu insensible à tous les autres stimulus (§ 717, 5°).

5° Quant à ce qui concerne les diverses parties du cœur, ordinairement l'extinction du mouvement commence dans la plus artérielle de toutes, la ventricule aortique, et finit dans la plus veineuse, l'oreillette droite. Walther (4) a vu qu'elle avait lieu plutôt dans l'oreillette pulmonaire que dans le ventricule du même côté, et Haller, plutôt dans celui-ci que dans celle-là (5). Mais cette différence tient à ce que la portion veineuse est la dernière que le sang vienne stimuler ; car lorsque Walther et Haller (6) avaient excisé les veines et l'artère pulmonaires, le mouvement s'arrêtait d'abord dans l'oreillette droite, puis dans le ventricule droit, ensuite dans l'oreillette gauche, et enfin dans le ventricule aortique. Du reste, suivant Haller (7), la pointe conserve son mouvement propre et son irritabilité plus long-temps que les autres parties des oreillettes.

ARTICLE II.

Des causes du mouvement du sang.

§ 719. La circulation suppose de toute nécessité que le sang et sa paroi soient disposés de manière à la rendre possible. Mais la question consiste à savoir si cette appropriation suffit à elle seule pour réaliser pleinement le phénomène, ou s'il est be-

(1) *Opera minora*, t. I, p. 169.
(2) Recherches de physiologie, p. 293.
(3) Œsterreicher, *Darstellung der Lehre vom Kreislaufe*, p. 42.
(4) *Experimenta in vivis animalibus*, p. 11.
(5) Haller, *Opera minora*, t. II, p. 389.
(6) *Ibid.*, p. 155.
(7) *Ibid.*, p. 226.

soin qu'une autre circonstance encore s'y adjoigne. Nous posons donc le dilemme suivant : La raison suffisante de la circulation est ou dans le système vasculaire lui-même (§ 719-734), ou en même temps hors de lui (§ 735-738); si le premier cas a lieu, il faut la chercher ou dans le sang (§ 732-734), ou dans ses parois, et soit dans le cœur (§ 739-731), soit dans les vaisseaux (§ 732).

Nous avons trouvé dans le cœur (§ 706) un mouvement vivant, qui agit mécaniquement sur le sang, et nous avons vu qu'une fois ce liquide mis en mouvement, une direction et une carrière déterminées lui sont données (§ 694-704). L'hypothèse la plus simple est donc celle que le cœur contient la raison suffisante de la circulation, et que, son activité vivante mise à part, le cercle entier des phénomènes qui se rapportent ici est le résultat de dispositions mécaniques. Or, nous trouvons des faits qui prouvent que le cœur peut opérer à lui seul toute la circulation (§ 720-723), et des circonstances mécaniques qui expliquent les différens phénomènes de cette fonction (§ 724-730).

I. Causes inhérentes au cœur.

A. *Action du cœur.*

1. ACTION DU COEUR SUR LES ARTÈRES.

§ 720. Le sang est chassé par le cœur dans le système artériel entier.

I. Le pouls artériel se rattache au cœur. Il n'est essentiellement autre chose que la propagation au système entier de l'ébranlement qui a été communiqué à l'artère (à son sang et à sa paroi), par le choc de l'ondée venant du cœur (§ 710).

1° Il est isochrone avec la systole des ventricules, à laquelle il correspond sous le rapport de la durée et des modifications de force et de fréquence ; il s'arrête quand le cœur ne lance plus de sang, ou s'épanche par une plaie, et il renaît lorsque les battemens cardiaques reparaissent.

2° Quand on lie une artère, le pouls cesse au dessous de la ligature (1). Ce cas a lieu principalement dans les cas où

(1) Haller, *Opera minora*, t. I, p. 187.

une étendue considérable d'artère a été rendue imperméable par l'application de deux ligatures (1) ; mais si les battemens du cœur sont forts, il lui arrive quelquefois d'imprimer encore à l'artère, ainsi chargée de deux ligatures, une oscillation analogue au pouls.

II. Le pouls artériel n'est donc que l'effet mécanique du choc imprimé au sang par le cœur.

1° Les veines battent comme les artères, lorsqu'on y fait passer le courant de sang qui vient du cœur. Denis a observé ce phénomène dans la veine jugulaire où il faisait couler le sang de la veine crurale (2), et King dans un cas analogue de transfusion chez l'homme, quoique trois tuyaux de plume emboîtés l'un dans l'autre fussent interposés entre la veine du sujet et l'artère de l'Agneau qui fournissait le sang (3). Des faits analogues ont été recueillis par Arthaud (4) et Bichat. Dans l'anévrysme variqueux, la veine bat simultanément avec l'artère entre laquelle et elle existe une communication.

4° Lorsqu'au contraire on conduit le sang d'une veine dans une artère, celle-ci ne bat plus, à moins qu'elle ne reçoive un choc de quelque branche voisine.

5° Le courant du sang venant du cœur, dirigé dans l'artère d'un cadavre, lui imprime des oscillations analogues au pouls, que l'on peut sentir à travers la peau. C'est ce que Bichat a remarqué sur le bras d'un cadavre humain dans l'artère duquel il avait fait passer le sang de la carotide d'un gros Chien.

6° Le courant artériel produit aussi un mouvement analogue dans d'autres parties. Un intestin de Poule, dans lequel Rosa (5) avait fait couler le sang de la carotide d'un Veau, exécutait des pulsations isochrones à celles de cette dernière. Le même phénomène a été observé par Bichat sur une vessie dans laquelle il avait conduit le sang d'une artère. Dans des essais de transfusion, Rosa, Scarpa et Tietzel ont vu le

(1) Spallanzani, Expér. sur la circulation, p. 383.

(2) Scheel, *Die Transfusion des Blutes*, t. I, p. 79.

(3) *Ibid.*, p. 170.

(4) Œsterreicher, *loc. cit.*, p. 75.

(5) *Giornale per servire alla storia della medicina*, t. I, p. 189.

tube, qui était tantôt un canal de cuir cousu (1), tantôt la carotide d'un cheval (2), battre sensiblement durant le passage du sang.

7° Si l'on injecte du sang par saccades dans les artères d'un cadavre, elles battent; le fait a été observé par moi sur les artères du cerveau (3), et par Wedemeyer sur la radiale (4). Ce dernier a remarqué que, dans une injection semblable, l'artère crurale mise à nu se dilatait dans toute sa longueur, à chaque coup de piston, puis se resserrait sur elle-même, et chassait l'eau (5). Le mouvement ondulatoire de l'eau et le frémissement de la paroi se font sentir aussi dans tous les corps de pompe, quelque épais qu'ils soient, même, d'après Dœllinger (6), dans ceux de plomb qui ont une grande épaisseur, et Johnson a construit, avec des vessies et des intestins, une machine sur laquelle il produisait, par la pression, un frémissement analogue au pouls.

III. Le cœur opère la circulation dans des circonstances même où les artères ne peuvent y contribuer.

8° Les artères sont parfois ossifiées dans une étendue considérable, et cependant la circulation n'en continue pas moins pendant plusieurs années (7).

9° Il n'est pas rare que les artères soient fixées de manière à ne pouvoir exécuter aucun mouvement. Ainsi l'aorte de beaucoup de Poissons traverse l'arc des apophyses épineuses inférieures, et celle de l'Esturgeon représente un canal cartilagineux.

IV. Lorsque la vie est interrompue par manque de sang, on ne la rétablit pas en faisant couler de nouveau sang dans les artères, mais en l'introduisant dans le cœur, dont il ranime le mouvement. Blundell (8) a reconnu que des animaux

(1) Scheel, *loc. cit.*, t. II, p. 141.
(2) Dieffenbach, *Die Transfusion des Blutes*, p. 27.
(3) *Vom Bau des Gehirns*, t. III, p. 36.
(4) *Untersuchungen ueber den Kreislauf*, p. 43.
(5) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1828, p. 339.
(6) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. II, p. 356.
(7) Haller, *Opera minora*, t. I, p. 230.
(8) *Physiological and pathological researches*, p. 68.

auxquels on avait tiré tout leur sang, ne revenaient point à la vie quand on leur injectait du sang artériel d'autres animaux dans la carotide, mais bien lorsqu'on le faisait parvenir au cœur par les veines.

2. ACTION DU COEUR SUR LES VAISSEAUX CAPILLAIRES.

§ 721. Le mouvement du sang dans les vaisseaux capillaires dépend du choc du cœur.

I. En effet, la même quantité de sang que les artères ont reçue du cœur, doit être chassée par elles, jusqu'au prochain choc de cet organe, dans les vaisseaux capillaires, où elle est obligée de suivre la même direction.

1° Voilà pourquoi la circulation est rémittente dans un vaisseau où l'impulsion du cœur se fait sentir avec trop peu de force pour que le choc qui résulte de sa systole puisse continuer d'agir encore pendant sa diastole. Dœllinger (1) a vu, sur des embryons de Poissons, que le choc du cœur se transmettait à l'aorte à travers même les vaisseaux capillaires des branchies, de sorte que le courant avait un type rémittent dans cette artère, tandis que, par les progrès du développement, et lorsque la force musculaire du cœur s'accroît, il devient continu. Spallanzani (2) et Wedemeyer (3) ont vu, dans les capillaires d'animaux adultes, la circulation continue devenir rémittente ou même intermittente, c'est-à-dire se ralentir ou s'arrêter, pendant la diastole du cœur, lorsque celui-ci perdait de sa vigueur (§ 714).

2° En général, il y a harmonie entre la circulation dans les vaisseaux capillaires et la force des battemens du cœur. Lorsque ceux-ci deviennent tout à coup plus forts ou plus faibles, on voit aussi, d'après Wedemeyer (4), l'autre subir une modification correspondante.

3° Aussi la circulation est-elle plus rapide dans les vaisseaux capillaires les plus rapprochés du cœur. Dœllinger (5)

(1) *Denkschriften der Akademie zu Muenchen*, t. VII, p. 215.

(2) *Loc. cit.*, p. 160, 242.

(3) *Untersuchungen ueber den Kreislauf*, p. 212.

(4) *Loc. cit.*, p. 208.

(5) *Loc. cit.*, p. 210.

a reconnu que les séries simples de globules du sang se mouvaient avec plus de vélocité lorsqu'elles sortaient d'un courant artériel animé d'une impulsion un peu plus forte.

4° D'après les observations de J. Muller (1), le courant s'arrête presque instantanément dans les capillaires après la ligature de l'artère, et l'on n'observe plus alors qu'une oscillation lente, due à la pression des parois, qui cesse elle-même bientôt. Mais, quand on coupe une partie, le sang continue de marcher par la force impulsive qu'il a reçue du cœur et par la pression des parois, et il s'épanche par l'orifice des veines ouvertes.

II. C'est aussi le cœur qui détermine le sang à passer des artères dans les veines. Le courant sanguin forme une colonne non interrompue dans les artères : le choc que lui imprime chaque ondée venant du cœur est trop puissant pour ne pas s'étendre jusqu'au-delà des capillaires, et cet effet doit d'autant mieux avoir lieu, non seulement que, au-delà des capillaires, le courant est interrompu par des valvules, et qu'en conséquence des vides se forment quand il continue de cheminer dans les veines, mais encore que le courant veineux surpasse le courant artériel en capacité, et que les veines sont plus minces, plus flasques, plus flexibles que les artères. Comme le sang poussé par le cœur dans les capillaires y arrive à travers les artères, qui sont étroites et pourvues d'épaisses parois, et qu'il ne rencontre pas la même résistance dans les veines, il doit nécessairement passer dans ces vaisseaux, et l'uniformité, la régularité de la circulation ne peuvent avoir lieu qu'autant qu'une quantité de sang égale à celle dont chaque systole du cœur détermine la propulsion, s'écoule dans les veines pendant l'intervalle de temps compris entre cette systole et celle qui y succède immédiatement. Les faits rapportés précédemment (§ 704, I) viennent en partie à l'appui de cette théorie, mais plus encore ceux qui seront cités tout à l'heure (§ 722). Du reste, Hales en a donné la démonstration par l'expérience suivante. Il avait trouvé que la pression à laquelle le sang est soumis dans les artères (§ 726),

(1) *Isis*, 1824, p. 282.

égale, chez le Chien, celle d'une colonne d'eau haute de quatre pieds et demi ; or, toutes les fois qu'il introduisait dans le bout supérieur de la carotide d'un Chien un tube de verre haut de quatre pieds et demi et tenu continuellement plein d'eau chaude, de manière que ce liquide fût chassé du côté de la tête, l'eau revenait, mêlée avec du sang, par la veine jugulaire. Ainsi une pression égale à celle que le sang subit dans les artères suffisait pour le faire passer dans les veines à travers les vaisseaux capillaires, et y entretenir sa progression.

3. ACTION DU COEUR SUR LES VEINES.

§ 722. La marche du sang dans les veines dépend, d'un côté du choc imprimé pendant la systole du cœur, et d'un autre côté de l'aspiration qui accompagne la diastole de cet organe.

I. Comme le sang afflue continuellement des vaisseaux capillaires, le sang contenu dans les veines doit être poussé vers le cœur par la pression qu'exercent sur lui les nouvelles portions de liquide (*vis a tergo*). Si l'on objectait que la force du cœur est insuffisante, attendu que le frottement du liquide contre les artères, les sinuosités de ces vaisseaux, et la diminution de la masse du sang par le fait de la nutrition, l'affaiblissent (1), nous renverrions aux discussions dans lesquelles nous sommes entrés ailleurs (§ 694, 3°), et nous répondrions en outre par les faits suivans :

1° Spallanzani (2) a vu que, quand les battemens du cœur se suspendaient, pour reprendre plus tard, la circulation aussi s'arrêtait, puis recommençait dans les veines, et que la cessation avait lieu plus tôt et la reprise plus tard que dans les artères.

2° Une grosse veine du mésentère, que Haller (3) avait liée sur une Chèvre, cessa sur-le-champ de chasser le sang vers le tronc de la veine porte, parce que ce liquide ne recevait

(1) Merk, *Ueber die thierische Bewegung*, p. 89.
(2) *Loc. cit.*, p. 264.
(3) *Opera minora*, t. I, p. 89.

plus l'impulsion du cœur. Magendie (1) lia l'artère crurale d'un Chien, et y pratiqua une petite ouverture au dessus de la ligature, c'est-à-dire du côté de ses racines ; le sang ne jaillissait qu'autant qu'il coulait dans l'artère crurale, ou que celle-ci, liée elle-même, en contenait encore ; mais il s'arrêtait dès que l'artère était vide, quoique la veine contînt encore du sang dans tout son trajet. Cross a observé le même phénomène (2).

3° Spallanzani (3) a vu, dans des Salamandres, des Reinettes et des têtards de Grenouilles, la marche du sang veineux s'accélérer à chaque systole du cœur et se ralentir à chaque diastole. Cette observation a été faite aussi par Dœllinger (4) sur des embryons de Poissons, où le mouvement saccadé du sang dans la veine cave était toujours isochrone avec le pouls des artères. Wedemeyer a également remarqué (5), chez des animaux adultes, que certaines petites veines offraient parfois, surtout quand la circulation était faible, une accélération saccadée du mouvement propulsif du sang, correspondante à la systole du cœur. Steinbuch (6), Beyer (7), Sundelin (8) et Davis (9) ont rencontré des malades chez lesquels toutes les veines superficielles exécutaient, d'une manière sensible à la vue et au toucher, des battemens isochrones à ceux des artères. Beyer attribuait ces pulsations à ce que, la circulation étant gênée dans l'aorte, le ventricule pulmonaire avait rejeté une partie de son sang dans le système des veines caves. Mais, de toute évidence, l'ébranlement saccadé du sang se propageait des artères aux veines à travers les vaisseaux capillaires ; car on n'a jamais entendu parler d'un reflux qui s'étende jusqu'aux ramifications déliées du système des veines

(1) Journal de physiologie, t. I, p. 110.
(2) *Medizinisch-chirurgische Zeitung*, 1829, t. IV, p. 59.
(3) *Loc. cit.*, p. 253.
(4) *Denkschriften des Akademie zu Muenchen*, t. VII, p. 217.
(5) *Untersuchungen*, p. 216.
(6) Hufeland, *Journal der praktischen Heilkunde*, 1815, cah. III, p. 9.
(7) *Ibid.*, 1824, cah. supplément., p. 14.
(8) Horn, *Neues Archiv*, 1822, t. II, p. 11.
(9) *Medicinisch-chirurgische Zeitung*, 1828, t. I, p. 48.

caves, et les valvules le rendent impossible. Dans le cas rapporté par Steinbuch, les ramifications battaient avec plus de force que les branches, et dans celui dont parle Beyer, la pulsation était si considérable, qu'elle faisait alternativement sortir et rentrer la langue et les yeux. Enfin, lorsque Davis comprimait une artère, ce battement cessait dans la veine correspondante, et dès qu'il appuyait sur une veine, la pulsation disparaissait entre le point comprimé et le cœur. Le phénomène ne tenait point à des anomalies mécaniques, car, à l'ouverture des cadavres, on n'en découvrit aucune, et l'on ne remarqua surtout point de connexion anormale entre les artères et les veines. La pulsation n'était point continue non plus dans le cas cité par Steinbuch; elle ne dura que trois jours, pendant un état fébrile qui avait pour cause une fièvre intermittente non développée, et elle ne reparut pas dès que celle-ci se fut dessinée franchement, non plus qu'après la guérison. Dans le cas décrit par Beyer, elle dura cinq jours, puis cessa pendant quatre, reprit ensuite, et ne s'arrêta plus jusqu'au cinquième jour, qui fut celui de la mort. Il n'y eut non plus que le malade de Sundelin chez lequel on la vit accompagnée de palpitations du cœur et d'oppression de la respiration; car, dans les autres cas, les battemens du cœur et la respiration ne s'écartaient point de l'état normal. Il faut donc que la transmission du choc des artères aux veines ait été rendue possible par un changement particulier de l'activité vivante des vaisseaux capillaires, notamment, comme l'admet Steinbuch, par une dilatation extraordinaire de ces vaisseaux; mais la cause à laquelle tenait ce changement demeure énigmatique. Peut-être y avait-il synchronisme complet de la diastole de l'oreillette droite et de la systole du ventricule gauche, de sorte que l'aspiration (II) et l'impulsion agissaient exactement au même instant sur le sang veineux.

II. Lorsque les oreillettes s'emplissent de nouveau, après s'être vidées, il s'opère en elles un vide, dans lequel le sang que contiennent les veines doit affluer, puisqu'il ne trouve point là de résistance, tandis que, dans les veines, il est soumis à la pression de l'atmosphère. Cette force aspirante du cœur était déjà connue jadis, et elle avait été discutée par

Wildegans (1). Parmi les modernes, ceux qui l'ont surtout appréciée sont Carson (2), Schubarth (3) et Zugenbuhler. Sa possibilité repose sur les dispositions mécaniques suivantes (4°-6°) :

4° La diastole a lieu avant que le cœur soit distendu par du sang. Même sur le cœur mort, on trouve les cavités vides de sa moitié gauche distendues, tandis que les parois de la moitié droite sont affaissées et rapprochées. Mais, pendant la vie, l'ampliation est beaucoup plus considérable, en raison de la turgescence.

5° On ne peut pomper un liquide à travers des canaux flexibles et faciles à comprimer ; car, dès qu'il s'y forme un vide immédiatement au dessous du piston, la pression de l'atmosphère rapproche tellement leurs parois, que le liquide situé au dessous se trouve emprisonné. C'est pourquoi Arnott (4) et autres ont prétendu que le cœur ne peut pas exercer d'action aspirante sur le sang contenu dans les veines. Il est vrai que les branches veineuses ne se prêtent point à cette aspiration sur le cadavre ; lorsque, voulant faire de fines injections, je cherchais à attirer le sang des vaisseaux capillaires au moyen d'une seringue agissant par la veine d'un membre, la partie de la veine en contact avec la seringue s'obstruait si bien, au premier coup de piston, qu'il ne pouvait plus sortir aucune goutte de sang. Wedemeyer a éprouvé le même effet sur la veine crurale ; mais lorsqu'il opérait sur la veine cave inférieure et le tronc de la jugulaire, l'expérience réussissait mieux (5). En effet, les troncs veineux sont maintenus béans par leurs connexions avec les parties voisines, ainsi que l'a prouvé entre autres Bérard (6) : ainsi la veine cave supérieure tient au péricarde, l'inférieure au centre tendineux du diaphragme, la sous-clavière, l'axillaire et l'hy-

(1) Œsterreicher, *Versuch einer Darstellung der Lehre vom Kreislaufe*, p. 153.

(2) *An inquiry into the causes of the motion of the blood*, p. 148.

(3) Poggendorff, *Annalen der Physik*, t. LVII, p. 5.

(4) *Elemente der Physik*, t. I, p. 477.

(5) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1828, p. 359.

(6) Archives générales, t. XXII, p. 170.

pogastrique aux aponévroses voisines, les sinus cérébraux à la dure-mère, les veines des os au périoste, les veines hépatiques à la substance du foie. En outre, l'affaissement et l'occlusion des veines sont impossibles tant que le sang forme, dans les troncs, où il n'y a point de valvules, une colonne continue, qui s'avance à l'instant même où un vide va se produire dans le cœur.

6° L'orifice des troncs veineux est dépourvu de valvules qui puissent s'opposer au reflux du sang, et quoiqu'on en trouve chez plusieurs Reptiles, Oiseaux et Mammifères, elles ne sauraient cependant troubler la force aspirante du cœur, puisqu'elles doivent être repoussées dans sa cavité quand il se vide.

Mais arrivons aux preuves immédiates de cette aspiration. Comme nos recherches ne portent que sur la circulation de l'homme et des animaux vertébrés, nous n'aurons point égard aux observations de Strauss, desquelles il résulte que, dans le Hanneton, et probablement aussi chez plusieurs autres Insectes, le vaisseau dorsal, après avoir poussé du sang en avant par sa contraction, en attire d'autre de la cavité du corps par des ouvertures latérales, disposition qui seule rend la circulation possible chez ces animaux.

7° Reichel (1) a vu, sur des Grenouilles, que quand les battemens du cœur s'étaient arrêtés et qu'on les ranimait en excitant l'animal, les globules du sang marchaient dans les vaisseaux capillaires par suite de l'impulsion que les artères leur communiquaient, mais que, dans les veines, le mouvement recommençait par les troncs, qu'il était déterminé en conséquence par la force aspirante du cœur, et qu'il ne se manifestait que plus tard dans les branches.

8° L'air pénètre avec une facilité extrême dans le cœur par une ouverture faite à un tronc veineux. Magendie rapporte un cas de lésion de la veine jugulaire, dans lequel on lia le bout supérieur pour arrêter l'hémorrhagie, mais sans toucher à l'inférieur ; après la mort, qui survint subitement, on trouva de l'air dans le cœur.

(1) *De sanguine ejusque motu experimenta*, p. 10.

9° Quand on pratique des vivisections, on voit le sang couler avec plus de rapidité dans les troncs veineux, pendant la diastole des oreillettes, et se mouvoir d'une manière plus lente, s'arrêter, ou refluer, pendant leur systole (1). C'est ce que Spallanzani a observé sur des Salamandres (2) : le sang arrivait au cœur par saccades ; pendant la diastole de l'oreillette, il coulait plus rapidement, et la veine cave était resserrée. J. Muller a vu le même phénomène dans la veine cave et les veines hépatiques de larves de Salamandres (3). Dœllinger a également reconnu, sur des embryons de Poulet, que le sang coulait plus vite dans les troncs veineux pendant la diastole des oreillettes, qu'il s'y arrêtait durant la systole de ces dernières, et qu'il ne continuait alors de se porter en avant que dans les racines déliées des veines (4) ; Baer a constaté aussi (§ 399, 9°) l'action aspirante du cœur dans l'embryon du Poulet. Wedemeyer a vu (5), chez des animaux à sang chaud adultes, les veines caves s'affaisser et se vider plus rapidement pendant la diastole des oreillettes, se tuméfier, au contraire, et devenir gorgées de sang, pendant la systole : aussi attribue-t-il la vacuité des artères dans les cadavres à ce que les oreillettes survivent aux ventricules, de sorte qu'avant la mort le sang reste plus long-temps en mouvement dans les veines que dans les artères.

10° Enfin Coudret a remarqué quelquefois, en saignant des sujets pléthoriques et musculeux, que le sang sortait de la veine par saccades ayant le même rhythme que le battement du cœur, mais non que le pouls artériel ; ces saccades succédaient au battement des artères, et par conséquent coïncidaient avec la diastole du cœur. Les conditions du phénomène étaient que le cœur battît avec une grande force, que la veine regorgeât de sang, et que la plaie fût petite (6). Ségalas et quelques autres médecins l'ont également observé (7). Cou-

(1) Œsterreicher, *Darstellung*, p. 137, 155.
(2) *Loc. cit.*, p. 135, 199.
(3) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1829, p. 186.
(4) *Denkschriften*, t. VII, p. 217.
(5) *Untersuchungen*, p. 48, 307.
(6) Journal complémentaire, t. XXXV, p. 330-340.
(7) *Ibid.*, t. XXXVI, p. 71.

dret l'attribue à la systole des artères, ce que nous ne pouvons admettre, d'après ce qu'on sait de la forme que revêt l'action de ces vaisseaux (§ 735).

4. ACTION DU COEUR EN GÉNÉRAL.

§ 723. Ainsi le cœur est une pompe foulante et aspirante, qui peut accomplir la circulation entière. Les deux forces sont distribuées dans des espaces différens de l'organe, afin que la circulation suive toujours la même direction, et nous trouvons là la raison mécanique de la séparation du cœur (§ 707) en oreillettes, qui attirent le sang par leur diastole, et en ventricules, qui le chassent par leur systole; car si le cœur n'était qu'une cavité simple, il pomperait et refoulerait des deux côtés, de sorte qu'il produirait plutôt une fluctuation qu'une circulation du sang. Mais les deux forces se prêtent mutuellement appui, et donnent pour résultat commun la circulation. La pression que les ventricules exercent sur le sang dans les artères, doit s'étendre à toute sa masse, et même, comme celle-ci ne peut point se soustraire à l'effort continuel de la *vis a tergo*, pousser au cœur les dernières portions du liquide contenu dans les troncs veineux. De même aussi la force aspirante doit étendre son influence sur le système entier, car, lorsqu'une portion de sang est absorbée par le cœur, celle qui vient immédiatement après doit pénétrer dans le vide qui résulte de là, donner lieu elle-même à un vide, et ainsi de suite, jusqu'à ce que le tronc artériel pompe le sang du cœur. Maintenant la systole des ventricules et le commencement de la diastole des oreillettes sont simultanés; le sang est donc sollicité à la fois par pression et par aspiration. Mais le rapport entre ces deux temps peut ne pas être le même à diverses époques et dans différens espaces : ainsi les veines battent tantôt avec les artères, parce que la force expulsive prédomine (§ 722, 3°), tantôt alternativement avec elles, parce que la force aspirante a le dessus (§ 722, 10°), et le choc parti des artères chasse le sang par la veine porte dans le foie (§ 722, 2°), tandis que l'aspiration qui part de la veine cave le ramène de cet organe par les veines hépatiques. Mais il doit nous suffire de reconnaître en général l'efficacité

des deux forces et la possibilité que leurs rapports mutuels varient ; car, pour fixer leur proportion à l'aide du calcul, il faudrait détruire le caractère variable de la vie, et analyser l'harmonie de ses diverses forces, de sorte qu'au lieu de l'organisme nous n'aurions plus qu'un simple automate.

B. *Circonstances mécaniques de la marche du sang.*

§ 724. La même restriction doit avoir lieu si nous considérons les circonstances purement mécaniques de la circulation. Ces circonstances doivent nécessairement influer, et celui qui les nie, parce qu'il voudrait faire de l'organisme un tissu de pur éther, méconnaît le merveilleux de la vie, qui se manifeste jusque dans son côté le plus matériel, puisque le mécanisme dans lequel elle se réalise ne lui vient point du dehors et est créé par elle-même.

1. RÉSISTANCES.

Il y a donc des particularités qui font que la force du cœur rencontre de la résistance, et c'est vainement qu'on prétendrait les nier en alléguant que le sang forme un courant continu, car un fleuve, qui ne représente pas un courant moins continu, coule tantôt plus rapidement et tantôt avec plus de lenteur, suivant la disposition de son lit. Mais il y a ici une telle harmonie entre la force et les obstacles, que le sang parcourt aisément sa carrière. Si cette vue ne suffisait pas, si l'on voulait, pour être exact, évaluer les mouvemens et les forces en secondes, lignes et grains, on se lancerait dans une entreprise impraticable et inutile ; impraticable, parce qu'on ne saurait faire entrer en ligne de compte toutes les circonstances dont le concours influe sur la vie ; inutile, parce que les variations continuelles de la vie ne permettent pas de donner à de tels calculs un caractère de vérité générale.

Les circonstances mécaniques que nous avons à considérer ici sont, d'un côté, la force motrice du cœur (§ 730), d'un autre côté, les forces qui lui résistent, savoir, le sang, ou la masse à mettre en mouvement (§ 729), et les vaisseaux, ou les espaces dans lesquels le liquide se meut.

a. *Résistance des vaisseaux.*

Les résistances qui se rapportent aux vaisseaux naissent ou des rapports entre les parois et le sang, adhésion (§ 725) et compression (§ 726), ou de particularités uniquement relatives à l'espace, le volume (§ 727) et la direction (§ 728) de ces conduits.

§ 725. Les vaisseaux sont les parois du courant sanguin, formées par ce courant lui-même, de sorte qu'elles lui correspondent parfaitement, et qu'elles réunissent les conditions nécessaires à son écoulement, c'est-à-dire qu'elles sont lisses et glissantes. Mais comme, partout, ce qui vit s'impose à soi-même des limites par ses productions, de même aussi le vaisseau devient une limite avec laquelle le sang entre en conflit. Entre l'un et l'autre règne une affinité adhésive; la force du cœur doit vaincre cette adhésion, et plus la surface des vaisseaux est étendue, comparativement à la masse du sang, plus aussi il doit se perdre de la force du cœur, pour vaincre cette résistance, et plus la vitesse de la marche du sang doit être diminuée.

1° Aussi le courant est-il plus rapide dans l'axe d'un vaisseau que le long de ses parois. On peut, selon Haller (1), Spallanzani (2), Sœmmerring (3) et Wedemeyer (4), s'en convaincre d'après le mouvement des globules. De là vient qu'il arrive quelquefois, quand le sang marche avec lenteur, qu'un caillot se dépose sur les parois, et que lui-même ne conserve plus qu'une étroite gouttière correspondante à l'axe. Ainsi, quoique, comme le dit Prochaska (5), le sang marche parallèlement aux parois, de même que la mollette sur la pierre à broyer, ce n'est point là un argument qui renverse la théorie dont nous venons de parler.

2° C'est la masse du sang qui prédomine dans les troncs, et la surface du vaisseau dans les ramifications. La proportion

(1) *Opera minora*, t. I, p. 193.
(2) *Loc. cit.*, p. 192, 27.
(3) *Gefæsslehre*, p. 128.
(4) *Loc. cit.*, p. 196.
(5) *Opera minora*, t. I, p. 45.

des globules situés à la superficie de la colonne sanguine et en contact avec la paroi vasculaire, et ceux qui occupent le milieu du courant, est d'autant plus forte, à l'avantage des premiers, que le vaisseau est plus étroit, ou la colonne de sang plus grêle; par conséquent, l'adhésion doit être plus faible et le courant plus fort dans les troncs que dans les branches. L'observation immédiate constate le fait (§ 711, 3°; 712, 2°). Aussi les anévrysmes sont-ils plus communs dans les troncs que dans les branches; aussi le sang coule-t-il avec plus de lenteur des artères d'un petit calibre, etc.

3° Ce qui est vrai du diamètre transversal des vaisseaux, l'est également de leur diamètre longitudinal. Plus le courant sanguin est long, plus il s'éloigne du cœur, et plus aussi il doit perdre de sa force motrice, plus par conséquent il doit devenir lent. Les artères coronaires du cœur sont celles dans lesquelles le sang parcourt la carrière la plus courte; viennent ensuite les poumons. La carrière la plus longue que fournisse le sang, est celle des membres, surtout inférieurs. Aussi, quand la force des battemens du cœur diminue, est-ce d'abord dans les membres pelviens que la circulation s'affaiblit, et l'on ne sent déjà plus le pouls radial, chez un moribond, que les artères battent encore au tronc, à l'aine et au cou. La circulation est incomparablement plus lente dans la veine porte que dans les vaisseaux pulmonaires (§ 716, 5°), parce que la première se trouve entre les longues artères mésentériques et les veines hépatiques, par conséquent à une plus grande distance du cœur. La lenteur doit croître surtout quand le vaisseau est en même temps long et fort étroit, particularité qu'on observe dans les artères spermatiques, qui, sous ce point de vue, forment un contraste des plus tranchés avec les artères rénales.

4° Dans les vaisseaux capillaires, ceux surtout qui ne charrient qu'une seule série de globules, l'adhésion, qui prend ici le nom de force capillaire, et la résistance au choc du cœur, doivent être plus fortes que partout ailleurs. La capacité plus considérable du système capillaire envisagé dans son ensemble, mais principalement l'adhésion plus grande des colonnes de sang, qui sont elles-mêmes plus grêles, rendent le courant

plus lent dans ce système, et font que la systole du cœur ne l'accélère point (§ 714, 1). Keil a vu six parties de sang s'écouler de la veine crurale coupée en travers, et l'artère, coupée transversalement aussi, en donner quinze parties, d'où il tira la conclusion que, pendant son passage à travers les vaisseaux capillaires, le liquide avait perdu les neuf quinzièmes de sa vélocité par le fait de l'adhésion. Or, c'est cette résistance des vaisseaux capillaires qui devient, à proprement parler, la source du pouls artériel. L'artère ne peut-être mise en mouvement que quand le sang trouve un obstacle dont la présence ne permet pas qu'au même moment où une quantité quelconque de liquide sort du cœur, il en passe une égale dans les vaisseaux capillaires. Nous trouvons déjà la confirmation de ce théorème dans l'accroissement d'intensité qu'éprouve le pouls lorsque les artères viennent à être comprimées, comme par exemple quand les membres sont fortement fléchis ou des organes creux contractés sur eux-mêmes; l'allongement des artères pendant le battement du cœur se voit surtout après qu'elles ont été liées (1). Mais le pouls devient aussi plus fort et plus prononcé toutes les fois que le sang traverse avec peine les vaisseaux capillaires ; on trouve ces derniers imperméables, par exemple, dans les inflammations. Spallanzani (2) n'a pu voir un mouvement saccadé du sang, dans l'artère pulmonaire de la Salamandre, qu'une heure après l'ouverture de la poitrine ; cet effet pouvait tenir, ou à ce que la pression de l'air atmosphérique avait accru l'obstacle dans les vaisseaux capillaires des poumons, ou à ce que le cœur avait perdu de sa force. Cette dernière circonstance est effectivement susceptible d'amener le même résultat, car les observations de Spallanzani (3) et de Wedemeyer ont constaté que la manifestation de la faiblesse influe sur la circulation jusqu'alors continue des vaisseaux capillaires, qu'elle la rend d'abord rémittente, c'est-à-dire semblable à celle des branches artérielles, ou, ce qui revient au même, plus lente

(1) Treviranus, *Biologie*, t. IV, p. 256.
(2) *Loc. cit.*, p. 142.
(3) *Ibid.*, p. 160, 242.

pendant la diastole du cœur, et que, quand la débilité fait des progrès, cette même circulation devient intermittente, comme dans les troncs artériels, c'est-à-dire qu'elle s'arrête pendant la diastole.

§ 726. Le sang et son vaisseau sont, l'un par rapport à l'autre, dans un état de tension, qui n'existe plus à la mort, car, pendant la vie, l'expansion du sang (§ 693) et la turgescence du vaisseau (§ 762) sont plus considérables. Aussi, par exemple, une artère vivante produit-elle la sensation d'un cordon rénitent, tendu, ferme, et qui ne cède qu'à une assez forte pression, surtout quand elle est libre de tous les côtés, un seul excepté, comme à la face interne de la ganache du Cheval. Le sang fait effort pour distendre les vaisseaux; lorsqu'un obstacle quelconque rend son écoulement difficile ou impossible, et l'oblige par conséquent de s'accumuler, le vaisseau devient le siége d'un gonflement visible et permanent; c'est ce qui arrive, par exemple, à la suite d'une ligature (1), ou quand le sang stagne dans les branches (2), ou lorsqu'il éprouve de la peine à pénétrer dans les vaisseaux capillaires, tels que ceux de l'artère pulmonaire sur un poumon qui est demeuré quelque temps exposé à l'air et qui ensuite admet moins de sang dans son intérieur (3). Mais les vaisseaux ont de l'élasticité, en vertu de laquelle ils exercent une pression sur le sang, de manière qu'après avoir été distendus, ils reviennent sur eux-mêmes, et restituent ainsi à la force impulsive que le sang a reçue du cœur, ce que la distension des parois lui avait fait perdre.

1° Quand un vaisseau est blessé, la pression n'a plus lieu dans l'endroit endommagé, et celle qui continue d'agir dans le reste du système vasculaire, doit chasser le sang avec violence vers la plaie, de sorte que le mouvement du liquide s'accélère dans les vaisseaux qui normalement l'amènent à l'endroit malade, et devient rétrograde dans ceux qui l'en éloignent. Le sang afflue de tous les côtés vers la plaie;

(1) Spallanzani, *loc. cit.*, p. 346.
(2) *Ibid.*, p. 350.
(3) *Ibid.*, p. 362.

quand une artère ou une veine a été coupée en travers, il coule des deux bouts, et reflue du bout supérieur de la veine, d'aussi loin que le permettent les valvules (1); si l'on excise le cœur, la circulation s'accélère dans les veines et devient rétrograde dans les artères (2); après l'ouverture d'une veine mésentérique, le sang coule aussi bien de l'intestin que du foie (3); lorsque l'aorte se trouve ouverte, il reflue même des vaisseaux capillaires (4). Ce n'est que peu à peu qu'on voit s'affaiblir ce mouvement rétrograde. Le sang coule plus rapidement dans les vaisseaux qui l'amènent à la plaie, de sorte que, même quand il était auparavant à l'état de stagnation, ou déjà épaissi, il rentre de nouveau en mouvement (5); la circulation s'anime aussi dans les vaisseaux voisins (6); après l'ouverture d'une veine, elle devient plus vive jusque dans l'artère correspondante (7). Une hémorrhagie suffit même pour activer la circulation devenue languissante, et pour la faire entrer en jeu si elle s'était arrêtée; car, par exemple, les vieux Chevaux qui viennent de recevoir le coup de la mort aux vaisseaux du cou, reprennent de la vivacité, renaissent en quelque sorte à une nouvelle vie, et exécutent des mouvemens aussi remarquables par leur vitesse que par leur énergie. Une hémorrhagie provoquée peut donc servir à titre de dérivatif, comme la saignée du bras dans l'hémoptysie, ou les sangsues dans les inflammations des organes internes; elle peut être utile aussi pour amener le sang vers une partie, et rétablir une hémorrhagie salutaire qui s'était supprimée, ou pour ranimer la vie générale, comme dans le cas d'asphyxie.

2° Lorsque l'élasticité diminue, le sang afflue en plus grande quantité, distend le vaisseau, coule plus lentement, ou s'arrête. L'artère mésentérique dont Haller (8) avait enlevé

(1) *Ibid.*, p. 312.
(2) *Ibid.*, p. 337.
(3) Haller, *Opera minora*, t. I, p. 99.
(4) *Medicinisch-chirurgische Zeitung*, 1828, t. IV, p. 171.
(5) Haller, *loc. cit.*, t. I, p. 99, 213.
(6) Spallanzani, *loc. cit.*, p. 373, 376.
(7) Haller, *loc. cit.*, t. I, p. 114, 217.
(8) *Ibid.*, t. I, p. 85.

la gaîne celluleuse, se gonflait en un sac anévrismatique, dans lequel le sang ne faisait plus que fluctuer, sans pouvoir s'en écouler. Ces dilatations et ces stases ont lieu dans diverses formes de l'atonie, dans le scorbut, dans les inflammations chroniques et les ulcères fongueux, dans les poumons à la suite de maladies qui ont forcé de garder le lit pendant longtemps, après les inflammations, après la section des nerfs de la paire vague, etc.

3° Les veines ont des parois plus faibles, plus susceptibles de céder, et moins faciles à déchirer; aussi les trouve-t-on quelquefois, dans les varices, trois à cinq fois plus volumineuses que dans l'état normal; aussi le sang y coule-t-il plus lentement que dans les artères, et comme celles-ci lui font éprouver une plus forte pression, cette circonstance contribue à favoriser son passage dans les veines.

4° A mesure que les troncs se ramifient, la paroi s'amincit, la pression diminue par conséquent, et la circulation devient plus lente. L'épaisseur relative de la paroi, ou la proportion entre elle et la lumière du vaisseau, peut être plus forte dans les branches que dans les troncs, sans apporter le moindre changement à cette circonstance; car si le sang forme une colonne non interrompue, qui, par tous les points de sa surface, exerce une pression uniforme sur la paroi, il ne s'agit non plus que de la force absolue de la paroi qui résiste à cette pression.

5° Lorsque l'on ouvre une artère sur un animal vivant, et qu'on assujettit un tube perpendiculaire au bout tourné vers le cœur, le sang, échappant à la pression qu'il éprouve dans l'intérieur du système artériel, pénètre dans le tube, et y monte jusqu'à ce que le poids de la colonne qu'il y forme égale la pression qui a lieu dans l'intérieur des artères. Mais cette pression doit être la même partout, et, en effet, Poiseuille a trouvé que le sang parvenait à la même élévation dans le tube, quelle que fût l'artère à laquelle on avait appliqué celui-ci (1). Hales a tenté de mesurer ainsi la pression que le sang éprouve dans le système artériel : il a reconnu que le

(1) Répertoire général d'anatomie, t. VI, p. 70.

sang de l'artère d'un Cheval montait dans le tube, depuis huit pieds jusqu'à neuf et demi, celui d'un Agneau, de six pieds et demi, celui d'un Daim, de quatre pieds et plus, celui d'un Chien, de quatre pieds et demi; à chaque battement du cœur le sang s'élevait davantage, et sa hauteur augmentait d'un à trois pouces chez le Cheval. Le sang de la veine jugulaire d'un Cheval s'éleva à douze pouces, celui d'un Agneau à cinq pouces et demi, celui d'un Chien, depuis quatre jusqu'à sept pouces; la pression du système veineux était donc à celle du système artériel dans la proportion d'environ 1 : 10. Cette différence tient en partie à ce que le cours du sang artériel trouve plus de résistance dans les vaisseaux capillaires, et à ce que celui du sang veineux en rencontre moins dans le cœur; lorsque l'entrée du sang veineux dans le cœur était rendue difficile par les mouvemens de l'animal, ou par d'autres circonstances, ce liquide montait plus haut dans le tube, et si une ligature empêchait totalement son passage, il s'élevait presque à la même hauteur que le sang artériel.

Poiseuille s'est servi, pour des mesures analogues, d'un appareil particulier (hémo-dynamomètre), dans lequel le sang était mis en contact avec du carbonate de soude, pour empêcher qu'il ne se coagulât, et qui lui permettait de peser de bas en haut sur une colonne de mercure. De cette manière, il a trouvé que la colonne mercurielle à laquelle le sang artériel faisait équilibre était de cent cinquante et un millimètres, chez les Chiens, de cent cinquante-neuf chez les Chevaux, et de cent soixante et un chez les bêtes bovines, ce qui équivaut à des colonnes d'eau de six pieds et demi, six pieds huit pouces, et six pieds neuf pouces.

6° Les différens organes sont dans un état de tension les uns à l'égard des autres, de sorte que les vaisseaux, notamment les veines, sont comprimés par les parties voisines, ce qui favorise la circulation. Aussi le cours du sang se ralentit-il d'une manière notable dans les veines du bas-ventre, après l'ouverture de la cavité abdominale : on voit surtout les veines mésentériques se gonfler et devenir variqueuses (1). De là

(1) Haller, *Opera minora*, t. I, p. 89, 232.

vient encore qu'une compression exercée sur la peau peut activer la circulation ; car lorsque cette dernière est ralentie par l'atonie du système cutané, on l'accélère au moyen de bandages, ce qui rend l'application d'une bande roulée utile dans les cas d'ulcères atoniques et de varices. Dans les contusions, les parties sont relâchées, et le sang s'y accumule jusqu'à ce que l'équilibre de la tension contre la pression qui s'exerce dans le reste du système vasculaire soit rétabli par sa masse : mais si l'on exerce une compression prompte et soutenue sur la partie qui vient d'être contuse, on prévient l'accumulation du sang et la formation de la tumeur qui en serait le résultat.

6° Le mouvement des organes, notamment du canal intestinal et des poumons, ou des muscles soumis à l'empire de la volonté (§ 773), tels que ceux de l'abdomen et le diaphragme, doit accroître la pression sur les veines, et par suite accélérer la marche du sang dans leur intérieur : les veines cutanées paraissent avoir des parois plus fortes que les veines profondes, précisément parce qu'elles sont moins soumises à l'influence du mouvement musculaire ; cependant elles n'y sont point entièrement soustraites, et de là vient, par exemple, que, dans la saignée du bras, le sang coule par un jet plus fort quand la personne remue la main, ou tient quelque chose entre les doigts, parce qu'alors les muscles de l'avant-bras se contractent d'une manière intermittente ou soutenue.

Les artères peuvent difficilement agir du dehors sur les veines par leurs pulsations, car il n'y a que les troncs et les gros rameaux qui se meuvent, et ils ne touchent point ceux des veines. En observant une veine mésentérique qui passait sur une artère, Spallanzani (1) ne put apercevoir aucun changement de la circulation produit par les pulsations artérielles.

7° La pression de l'atmosphère, qui, sur la surface du corps humain, est évaluée à quinze ou seize pieds carrés, égale, à une hauteur de deux cents pieds au dessus du niveau de la mer, un poids de trente à trente-six mille livres, maintient les

(1) *Loc. cit.*, p. 150.

dispositions mécaniques de l'organisme dans leur état normal, et concourt notamment à favoriser la circulation, en restreignant l'afflux du sang vers la surface. Quand on soustrait une partie du corps à cette pression, par l'application d'une ventouse sèche, elle se gonfle, rougit et devient gorgée de sang. Rien ne prouve mieux combien la soustraction de la pression atmosphérique borne le mouvement du sang vers le cœur, que la découverte faite par Barry (1), et constatée par les nombreuses expériences de Kupfer (2), du pouvoir qu'ont les ventouses d'empêcher les poisons portés dans une plaie d'exercer leur action délétère. On a quelquefois remarqué sur les hautes montagnes, où l'air est très-raréfié, des accidens causés par des congestions vers divers organes. Les observations de Roulin (3) n'ont rien appris de positif sur l'accroissement de la fréquence du pouls à de grandes hauteurs; mais, suivant Parrot, cette fréquence, qui est de soixante et dix pulsations par minute au niveau de la mer, devient de soixante-quinze à mille mètres, de quatre-vingt-deux à quinze cents mètres, de quatre-vingt-dix à deux mille, de quatre-vingt-quinze à deux mille cinq cents, de cent à trois mille, de cent cinq à trois mille cinq cents, et de cent dix à quatre mille (4).

§ 727. Le temps que le sang emploie à faire sa révolution est en raison inverse de l'espace qu'il doit parcourir; par conséquent aussi l'amplitude des vaisseaux est en raison inverse de la vélocité de la circulation.

1° Le sang marche avec lenteur dans un anévrysme, et si la tumeur est très-volumineuse, elle ne bat presque pas, ou chasse si peu de sang, que le pouls des parties situées au dessous est faible et petit, que le membre entier devient blême, froid, flétri et faible. Dans les vivisections, Haller (5), Spallanzani (6) et Wedemeyer (7), ont souvent trouvé les vais-

(1) Archives générales, t. IX, p. 131.

(2) *Commentatio de vi quam aer pondere suo et in motum sanguinis et in absorptionem exercet.* Léipzick, 1828, in-8°.

(3) Journal de Magendie, t. VI, p. 1-13.

(4) Froriep, *Notizen*, t. X, p. 216.

(5) *Opera minora*, t. I, p. 88, 194.

(6) *Loc. cit.*, p. 144.

(7) *Loc. cit.*, p. 198.

seaux offrant des dilatations, où le sang coulait avec lenteur, mais au sortir desquelles il reprenait sa vélocité précédente. Spallanzani a vu également la circulation marcher plus vite dans tout point accidentellement rétréci d'un vaisseau, qu'au dessus et au dessous (1). Quand on pratique une saignée, la bande dont on entoure le membre rétrécit les veines cutanées, et celle qu'on pique donne alors un jet de sang, tandis que, si l'on n'appliquait pas de lien, ce liquide ne coulerait qu'en nappe. Lorsque Wedemeyer vidait plusieurs vaisseaux capillaires, en exerçant une compression sur eux (2), cette limitation apportée au développement des courans rendait les autres d'autant plus rapides. Bichat (3) a prouvé, par ses expériences, que la circulation dans les organes creux n'est point favorisée par leur distension : cet état paraît même la ralentir; du moins Spallanzani (4) a-t-il remarqué que, pendant la diastole des artères, le sang s'arrêtait dans les veines disséminées au milieu de leurs parois, et qu'il coulait avec vitesse durant leur diastole.

2° Les veines sont plus nombreuses que les artères, surtout dans tous les organes de la vie animale (cerveau et moelle épinière, crâne et colonne vertébrale, membres et peau) et dans les viscères du bassin (rectum, organes génitaux et urinaires). Elles ont aussi un diamètre qui surpasse le leur. Cette différence se prononce jusque dans les vaisseaux capillaires, où les deux systèmes sont en communication immédiate l'un avec l'autre. Dœllinger (5) a trouvé les petits courans artériels moins nombreux, plus grêles, mieux délimités, plus dendritiques; les veineux, au contraire, plus nombreux, plus larges, moins nettement tranchés, et plus réticulaires. Il est difficile de déterminer exactement la proportion de la capacité des deux systèmes, attendu qu'elle change beaucoup pendant la vie, et qu'elle varie aussi en raison du genre de mort, car on l'a trouvée plus grande après une apoplexie,

(1) *Loc. cit.*, p 155, 258.
(2) *Loc. cit.*, p. 208.
(3) Rech. sur la vie et la mort, p. 205.
(4) *Loc. cit.*, p. 200.
(5) *Denkschriften*, t. VII, p. 199.

et moins considérable à la suite d'une hémorrhagie mortelle, attendu enfin qu'après la mort les artères se rétrécissent davantage et les veines se dilatent plus, par l'effet des injections, que pendant la vie et dans l'état normal, où on les trouve ordinairement plutôt flasques que rénitentes. Quand donc on admet que le rapport du système artériel au système veineux, eu égard à la capacité, est de 1 : 4, ou de 1 : 2, 25 (4 : 9), ou de 1 : 1, 66 (3 : 5), ce ne sont là que des évaluations approximatives, dont la dernière semble s'écarter moins que les autres de la vérité. Maintenant, comme tout liquide quelconque coule plus rapidement dans un espace resserré que dans un autre où il trouve plus de place pour s'étendre, on peut aussi supposer un courant plus rapide dans les artères que dans les veines. Or l'expérience journalière atteste que le sang coule avec plus de lenteur et moins de force d'une plaie veineuse que d'une plaie artérielle. D'ailleurs, l'observation directe de la circulation dans les vaisseaux parle en faveur de cette hypothèse : Haller (1) a vu le sang marcher ordinairement avec plus de lenteur, couler même deux ou trois fois moins vite (2), dans les veines que dans les artères, et il ne s'est offert à lui qu'un petit nombre de cas dans lesquels la vélocité fût égale de part et d'autre. Spallanzani, il est vrai, admet que ce dernier cas est la règle (3); mais, dans un autre endroit (4), il restreint l'égalité aux vaisseaux de moyen calibre, et dit (5) que le courant a la même rapidité dans les artérioles et les veinules, mais qu'il est plus lent dans les branches veineuses que dans les artères correspondantes. L'inégalité des deux courans est confirmée aussi par les observations de Dœllinger (6) et de Wedemeyer (7); le premier a remarqué un mouvement plus rapide dans les points

(1) *Opera minora*, t. I, p. 82, 83, 91, 98.
(2) *Ibid.*, p. 206.
(3) *Loc. cit.*, p. 268.
(4) *Ibid.*, p. 190.
(5) *Ibid.*, p. 163.
(6) *Loc. cit.*, p. 211.
(7) *Loc. cit.*, p. 198.

d'une veine où s'abouche une artère, et l'autre (1) n'a observé quelquefois une rapidité plus grande dans les artères que dans les veines qu'en cas de faiblesse des battemens du cœur, et surtout pendant l'agonie. On ne peut également considérer que comme des à peu près les évaluations anciennes, d'après lesquelles le sang franchirait, par minute, soixante-six pieds dans les veines et cent quarante-quatre dans les artères.

Du reste, nous reconnaissons, dans le cœur (§ 707, 7°), que la capacité et la force propulsive sont en raison inverse l'une de l'autre; le ventricule pulmonaire a une colonne de sang plus courte à mettre en mouvement; il a donc besoin d'une force propulsive moins considérable, et, par suite, sa capacité dépasse celle du ventricule aortique; mais, quand celui-ci a subi une dilatation morbide, il ne pousse plus le sang avec l'énergie nécessaire, d'où résulte que ce liquide s'accumule dans les poumons et que la respiration devient gênée (2).

3° Toutes les artères se partagent ou se ramifient, les unes plus, les autres moins; en général, on admet qu'elles se divisent vingt fois environ en branches. Or les branches, prises ensemble, l'emportent en capacité sur le tronc, de sorte que le système artériel représente un cône, dont le sommet se trouve au cœur et la base à la périphérie. A la vérité, cette différence n'est point réellement assez considérable pour sauter aux yeux quand on compare les diamètres, puisque la capacité des cylindres ne peut être comparée que d'après le carré de leurs diamètres; mais, même en se bornant à ce moyen d'appréciation, elle est encore assez grande pour qu'on juge qu'elle doit influer sur la vélocité de la circulation. Ainsi, par exemple, Wedemeyer a trouvé la circonférence de l'artère crurale = 12, et celle des deux branches dans lesquelles elle se bifurque = 18; de sorte que le rapport de la branche aux rameaux serait, d'après les diamètres, de 12 : 18 = 1 : 1,50; mais, d'après les carrés des diamètres, c'est-à-dire d'après la capacité réelle, elle est de 144 : 162 = 1 : 1,12.

(1) *Loc. cit.*, p. 214.

(2) Legallois, Œuvres, t. I, p. 338.

Or, puisqu'il y a plus d'espace dans les ramifications, le sang doit y couler avec plus de lenteur que dans les troncs (§ 711, 3°). Hales introduisit dans l'aorte d'un Chien mort un tube qu'il remplit d'une quantité d'eau dont la pression était égale à celle du sang qui s'écoulait du cœur d'après son calcul; si alors il venait à fendre l'intestin le long de son bord convexe, trois cent quarante-deux pouces cubes d'eau sortaient, en quatre cents secondes, des dernières ramifications artérielles ainsi ouvertes; en incisant le mésentère près de l'intestin, la même quantité d'eau sortait, des branches des artères mésentériques, en cent quarante secondes; enfin, les branches fournissaient un écoulement plus rapide encore à leur entrée dans le mésentère.

Le système veineux offre des dispositions analogues, sous le rapport de la capacité; ici, également, la circulation est plus lente dans les racines, et plus rapide dans les troncs, comme l'ont constaté surtout Haller (1), Spallanzani (2) et Dœllinger (3). Lorsqu'un courant veineux est fortifié par un afflux latéral venant d'une branche, et qu'ainsi la veine se remplit davantage, la vitesse augmente, et celle-ci ne demeure la même que quand une certaine étendue de la veine ne change point de diamètre et ne reçoit pas de racines (4). Suivant Spallanzani, la circulation est trois fois plus rapide dans les racines que dans les troncs. Cependant il a été trouvé plus d'une exception à cette règle, comme, par exemple, quand la systole des oreillettes rejetait une certaine quantité de sang du cœur dans les troncs veineux.

4° La cessation des pulsations dans les ramifications déliées des artères a été attribuée à la diminution de la force avec laquelle le sang est mis en mouvement à partir du cœur; mais nous avons vu (§ 714, 4°) que c'est précisément quand les battemens du cœur sont faibles, qu'on voit pulser les courans contenus dans les vaisseaux capillaires. Le pouls nous a semblé bien plutôt être le résultat d'obstacles contre lesquels se

(1) *Loc. cit.*, p. 98, 206.
(2) *Loc. cit.*, p. 163.
(3) *Loc. cit.*, p. 210.
(4) Spallanzani, *loc. cit.*, p. 258.

raidit la force du cœur (§ 725, 4°). Or, d'un côté, les vaisseaux capillaires présentent un plus grand espace, et, de l'autre, ils conservent généralement le même diamètre dans tout leur trajet; par conséquent, lorsque le sang s'y est une fois introduit, il éprouve moins de résistance, et coule d'une manière uniforme. Voilà pourquoi l'aorte des Poissons ne bat point, et non parce que son sang a traversé auparavant les vaisseaux capillaires des branchies; de même, suivant Barkow (1), les branches de la carotide cérébrale de la Brebis n'exécutent point de pulsations, parce que leur sang a franchi le réseau admirable, tandis qu'elles en offrent chez le Lapin, qui ne possède point ce réseau.

5° Beaucoup de vaisseaux conservent le même diamètre pendant leur trajet; tel est le cas surtout des artères, tant qu'elles ne fournissent pas de branches; mais on observe aussi le même phénomène sur un grand nombre de veines, quoiqu'elles se ramifient. Lorsqu'un tronc donne plusieurs branches, il se rétrécit ordinairement un peu, de manière que le sang, agissant à la manière d'un coin, marche avec plus de vitesse; mais plusieurs artères, telles que la carotide, la vertébrale, la coronaire labiale, la mammaire interne, la splénique et la spermatique, vont en s'élargissant un peu vers la périphérie, lorsqu'elles parcourent une certaine étendue sans donner de branches considérables, et par là ralentissent le cours du sang (2).

§ 728. Quant à la direction, elle a aussi de l'influence.

1° Si le sang coulait par ondées, à chaque courbure d'un vaisseau, il heurterait contre la paroi opposée, et diminuerait ainsi la vélocité de son mouvement; mais, comme il représente une colonne indivise, qui exerce une pression uniforme par tous les points de sa surface, la flexuosité du vaisseau ne peut pas produire un tel effet. C'est aussi ce que l'observation démontre. Quand Haller (3) ployait une artère mésentérique à angle aigu, ou lorsque Spallanzani (4) la tor-

(1) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1830, p. 16.
(2) Autenrieth, *Handbuch der Physiologie*, t. I, p. 165.
(3) *Opera minora*, t. I, p. 194.
(4) *Loc. cit.*, p. 156.

tillait plusieurs fois sur elle-même en chiffonnant le mésentère, la marche du sang ne devenait pas plus lente. Cependant, quoiqu'il n'y ait point ici de ralentissement sensible, on a été trop loin en niant qu'il ait lieu quand le courant s'accroît par saccades, puisqu'alors le flot, malgré sa continuité, n'en heurte pas moins contre la paroi opposée, à l'endroit des courbures. En effet, l'extension et le mouvement latéral d'une artère flexueuse doivent diminuer la force (§ 710, 1°), et nous savons d'ailleurs que le courant n'est entièrement interrompu ni toujours ni sur tous les points (§ 705). Mais certains faits aussi ne peuvent pas être expliqués d'une autre manière que par un heurtement de cette sorte; la courbure de la paroi artérielle étant toujours plus forte au côté convexe, c'est une preuve que ce côté a un effort plus considérable à supporter; si, dans les congestions abondantes vers la tête, celle-ci éprouve quelquefois un mouvement visible à chaque battement du pouls, comme Haller l'a éprouvé sur lui-même (1), il faut manifestement l'attribuer à ce qu'en pénétrant dans son canal, la carotide se porte perpendiculairement vers le rocher, après quoi elle se recourbe.

Du reste, Wedemeyer dit aussi avoir vu le sang couler d'une manière plus lente et saccadée dans de grosses artères mésentériques qui décrivaient de nombreuses courbures (2).

2° Il en est de même pour les éperons placés aux bifurcations. Le sang représentant une colonne non interrompue, il doit couler aussi vite dans une branche qui se détache du tronc sous un angle droit ou obtus, que dans celle qui en émane à angle aigu, et qui, par conséquent, s'écarte moins de la direction primitive. Aussi Haller (3), Spallanzani (4) et Dœllinger (5) n'ont-ils pas vu que le mode de division exerçât la moindre influence sur la vitesse du mouvement du sang. Cependant cette règle paraît ne s'appliquer qu'à la circulation en général et à ses phénomènes appréciables. Haller a remar-

(1) *Elem. physiolog.*, t. IV, p. 118.

(2) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1828, p. 351.

(3) *Opera minora*, t. I, p. 88, 208.

(4) *Loc. cit.*, p. 145.

(5) *Denkschriften*, t. VII, p. 223.

qué quelquefois un cours plus lent du sang dans les branches qui naissaient sous un angle très-ouvert (1). Spallanzani a vu plusieurs fois les globules heurter contre l'éperon, et même se retourner sur eux-mêmes, avant de continuer leur marche (2). Dœllinger a reconnu que le sang coulait plus lentement dans une branche veineuse faisant un angle obtus, tant qu'il marchait dans cette direction, c'est-à-dire vers la périphérie, et qu'il ne reprenait sa vélocité première que quand la branche se replaçait dans la direction de son tronc (3).

b. *Résistance du sang.*

§ 729. A l'égard du sang lui-même :

1° Sa quantité doit être égale à la résistance qu'il oppose au cœur. Mais le cœur a besoin d'un certain degré de résistance, et ce n'est qu'à cette condition qu'il agit avec la force convenable. Voilà pourquoi, après une forte hémorrhagie, cet organe se meut faiblement, et la circulation s'arrête dans les vaisseaux capillaires. La masse du sang ne gêne sa marche que quand elle devient par trop considérable.

2° La qualité du sang exerce incontestablement aussi de l'influence. Un sang fort épais ne coule qu'avec lenteur du vaisseau ouvert. Gruithuisen (4) a vu, dans une petite branche artérielle, un bouchon de sang épaissi, qui avançait à peine d'une manière sensible, et qui, parvenu à la scission du vaisseau en deux capillaires, resta près de dix minutes immobile, jusqu'à ce qu'un mouvement de l'animal le divisât en deux parties, qui passèrent lentement dans les veines, en suivant chacune son capillaire. Mais un sang très-atténué et pauvre en cruor se meut également avec lenteur, parce qu'il ne stimule point assez le cœur, qui, par cette raison, bat avec lenteur et faiblesse.

3° La pesanteur du sang est vaincue par la force du cœur, puisque la systole fait monter ce liquide dans l'aorte ascendante, et que la diastole l'attire de la veine cave inférieure.

(1) *Loc. cit.*, p. 193.
(2) *Loc. cit.*, p. 161.
(3) *Loc. cit.*, p. 223.
(4) *Beitræge zur Physiognosie*, p. 90.

Mais le cœur est si puissant, que, dans l'état normal, on n'aperçoit pas du tout l'effet de la pesanteur, qui ne devient sensible qu'en proportion de la diminution de son énergie (1), comme Haller (2) et Spallanzani (3) l'ont remarqué chez les animaux. Dans de pareils cas, Haller (4) a vu que, quand il tenait le mésentère perpendiculaire, l'intestin étant tourné vers le haut, le sang coulait avec plus de vitesse dans les veines, et que les artères se vidaient, mais que le rétablissement de la situation naturelle ramenait la circulation à l'uniformité; qu'en tenant le mésentère verticalement, l'intestin tourné en bas, le sang s'arrêtait dans les veines; enfin (5), que la pesanteur remettait en mouvement le sang devenu stagnant dans les artères. Lorsque Piorry avait ouvert la veine jugulaire à un Chien, et qu'au bout de quelque temps le sang avait cessé de couler, ce liquide recommençait à sortir quand il soulevait le train de derrière, et l'animal périssait exsangue, ce qui n'arrivait pas lorsqu'on lui tenait la tête haute (6). Ainsi donc, si la force du cœur triomphe de la pesanteur dans les gros vaisseaux, l'adhésion aux parois, ou ce qu'on nomme la capillarité, produit le même effet dans les vaisseaux capillaires. Chez des Salamandres qui avaient été tuées par l'électricité, de manière que le sang ne se coagulait pas sur-le-champ, Spallanzani le voyait descendre rapidement dans les troncs, plus lentement dans les branches, et presque pas dans les ramifications déliées (7). En vertu de la circulation, la perte que la force du cœur subit de la part de la pesanteur, se trouve compensée d'un autre côté par celle-ci même : après que le sang a monté contre la loi de la gravitation, son retour est favorisé par cette même loi.

Maintenant nous trouvons, dans certains organes, des rapports entre la force du cœur et la pesanteur qui correspondent

(1) Bourdon, Essai sur l'influence de la pesanteur, p. 22.
(2) *Opera minora*, t. I, p. 118.
(3) *Loc. cit.*, p. 302.
(4) *Loc. cit.*, p. 115.
(5) *Loc. cit.*, p. 119.
(6) Archives générales, t. XII, p. 527.
(7) *Loc. cit.*, p. 302, 372.

à leur situation normale. Le fait est plus prononcé à la tête que partout ailleurs; ici la force du cœur agit avec tant de puissance que les congestions y sont beaucoup plus communes qu'aux parties inférieures du corps; mais, la force aspirante étant moins considérable, parce que la pression atmosphérique ne vient point à son secours dans l'intérieur du crâne (§ 726, 7°), elle a par elle-même besoin du secours de la pesanteur. Aussi le saltimbanque parvient-il, à force d'exercice, à pouvoir se tenir pendant quelque temps sur la tête; mais le gonflement et la coloration violacée de la face n'en annoncent pas moins combien le retour du sang éprouve alors de gêne. La situation de la tête a donc des effets déterminés, qui dépendent des rapports vitaux entre le sang et l'encéphale. Les personnes pléthoriques éprouvent des vertiges quand elles se baissent, et si elles restent long-temps le corps penché, elles sont prises de céphalalgie; la position horizontale est nuisible quand il y a menace d'apoplexie et dans toutes les congestions à la tête. Celui qu'on saigne tombe bien plus aisément en syncope lorsqu'il se tient assis que quand il reste couché, et l'on fait cesser la syncope en plaçant la personne assise de manière qu'elle ait la tête plus basse que le tronc. Lorsque la respiration était devenue stertoreuse chez un Chien dont il laissait couler tout le sang par la veine jugulaire, que les battemens du cœur ne se faisaient plus sentir, et que la vie animale avait cessé, si Piorry venait à soulever l'arrière-train de manière que le sang fût obligé, par sa pesanteur, de se porter au cerveau, aux poumons et au cœur, les battemens de ce dernier organe reprenaient, la respiration redevenait plus libre, et il reparaissait des mouvemens volontaires à la tête et aux pattes de devant; venait-on à soulever de nouveau ces parties, la vie s'éteignait encore en elles. Dieffenbach s'est servi de cette manœuvre afin de favoriser les effets de la transfusion employée pour ranimer des animaux auxquels il avait laissé perdre tout leur sang.

Aux membres supérieurs, la circulation est normale surtout dans l'attitude et les mouvemens obliques, rapprochés de l'horizontalité; si on laisse pendant long-temps les bras pendans et inactifs, les mains rougissent et leurs veines s'engor-

gent; elles deviennent, au contraire, pâles et exsangues quand on lève perpendiculairement les bras. Aux membres inférieurs, l'éloignement du cœur (§ 725, 3°) fait que la force impulsive est moindre, et que le cours du sang dans les artères est aidé par la pesanteur; au contraire, la force aspirante est plus puissante, parce que la pression de l'atmosphère porte sur une étendue plus considérable de la peau, et les veines charrient leur sang à l'inverse de la loi de la pesanteur. La situation horizontale des jambes diminue l'afflux du sang vers elles, et devient nécessaire pour la guérison des ulcères; une station trop prolongée, et qui n'alterne point avec le mouvement, rend aussi le retour du sang par les veines difficile, et donne lieu à des varices, à des amas de sérosité, etc., ce qui néanmoins n'arrive guère que quand il y a en même temps atonie générale.

La situation sur l'un des côtés du corps paraît ne pouvoir y déterminer une accumulation notable de sang que quand le cours de ce liquide est faible. Voilà comment on explique, d'après Bourdon (1), pourquoi les poumons des moribonds se remplissent de sang du côté sur lequel la mort a eu lieu, et pourquoi, dans les maladies graves qui ont obligé de rester longtemps couché sur l'un des côtés, la peau de cette région de la poitrine devient plus épaisse. Il n'est pas aussi certain qu'on doive, comme le fait aussi cet écrivain, attribuer la plus grande fréquence à droite de l'ophthalmie chronique, de l'épistaxis, des épanchemens cérébraux, de la pneumonie, des adhérences et des hépatisations du poumon, à ce que la plupart des hommes ont l'habitude de se tenir sur le côté droit quand ils dorment; car, comme il y a beaucoup de cas dans lesquels on trouve non seulement certaines artères, telles que les carotides et les vertébrales, mais encore des troncs nerveux, par exemple celui de la paire vague, ayant plus de volume à droite qu'à gauche (2), et qu'on peut difficilement admettre qu'une telle inégalité se soit produite pendant le sommeil, des circonstances plus générales d'organisation semblent

(1) *Loc. cit.*, p. 7.

(2) Burdach, *Vom Baue des Gehirns*, t. III, p. 364.

concourir ici à la manifestation du phénomène. Bourdon (1) a cependant remarqué que la narine se bouche du côté sur lequel on se couche, et il attribue cet effet à la stase du sang, parce qu'il avait lieu chez lui lorsque le nez était libre de mucosités et que la tête reposait seulement sur les doigts écartés les uns des autres ; ce phénomène ne s'observe pas chez tous les hommes.

4° Les divers courans sanguins, quand ils viennent à se rencontrer, agissent les uns sur les autres en vertu de leur direction, comme on le voit dans les cours d'eau qui se réunissent. Lorsque deux courans de force égale s'abouchent ensemble, ils luttent l'un contre l'autre, et chacun d'eux acquiert alternativement la prépondérance. Quand deux vaisseaux capillaires veineux qui n'admettent qu'une seule série de globules se réunissent avec un troisième qui ne charrie non plus qu'une seule série de ces petits corps, celui-ci, d'après les observations de Spallanzani (2), reçoit les globules tantôt de l'un et tantôt de l'autre des deux affluens, dont les corpuscules s'arrêtent à l'embouchure jusqu'à ce qu'ils parviennent à se glisser dans le courant. De même, Dœllinger a vu (3) que, quand deux courans artériels parallèles étaient unis par une anastomose transversale, les globules, allant au devant les uns des autres dans celle-ci, s'arrêtaient, et se balançaient, jusqu'à ce que l'un d'eux, cédant le pas, rétrogradât et fût suivi par celui qui l'avait en quelque sorte chassé. Si les deux courans sont d'inégale force, les globules du plus fort empêchent souvent pendant quelque temps ceux du plus faible d'entrer, ou même les refoulent (4), quand ils ont déjà pénétré ; quelquefois aussi ceux du courant le plus faible sont attirés les premiers, et redoublent de vitesse, tout comme, dans les anastomoses veineuses, le sang coule avec plus de rapidité au voisinage du courant vers lequel il se porte, qu'au voisinage de

(1) *Loc. cit.*, p. 2.
(2) *Loc. cit.*, p. 177.
(3) *Denkschriften*, t. VII, p. 225.
(4) *Ibid.*, p. 213.

celui d'où il vient (1). Wedemeyer (2) a observé les mêmes phénomènes.

2. FORCE DU CŒUR.

§ 130. La force du cœur

1° Peut être estimée d'après sa masse comparée à celle du corps entier. Mais le poids absolu du cœur varie considérablement chez les divers individus d'une espèce animale. Poiseuille, par exemple, l'a trouvé tantôt de trois et tantôt de six onces dans les Chiens, tantôt de trois et tantôt de six livres dans les bêtes bovines (3). Son poids relatif varie également; Legallois (4) a trouvé la proportion entre lui et celui du corps, chez le Lapin adulte, tantôt de 1 : 247, tantôt de 1 : 455. Ce poids relatif n'est d'ailleurs pas le même aux divers âges de la vie (§ 534, 1°). Aussi les évaluations comparatives sont-elles fort dissidentes. Le rapport du cœur au corps, eu égard au poids, est, d'après Treviranus (5) de 1 : 80—160 chez les Mammifères, 1 : 50—123 chez les Oiseaux, 1 : 246—276 chez les Reptiles, 1 : 350—768 chez les Poissons; selon Robinson (6) de 1 : 168 chez les Oiseaux, 1 : 263 chez les bêtes bovines, et 1 : 1360 chez les Poissons; suivant Carus (7), de 1 : 160 chez l'homme, 1 : 246 chez les Grenouilles, 1 : 276 chez la Couleuvre à collier, 1 : 350—760 chez les Poissons; selon Legallois, terme moyen, de 1 : 183 chez les Chiens, et 1 : 346 chez les Lapins; d'après Scoresby, de 1 : 175 chez la Baleine; suivant Wrisberg, de 1 : 215 chez la Tortue de mer. Weber a trouvé le rapport de 1 : 150 dans un cadavre humain (8). D'après Laennec (9), pour que le cœur de

(1) *Ibid.*, p. 212.
(2) *Untersuchungen*, p. 210.
(3) Répertoire général d'anatomie, t. VI, p. 84.
(4) Œuvres, t. I, p. 331.
(5) *Die Erscheinungen und Gesetzen des Lebens*, t. I, p. 225.
(6) Haller, *Opera minora*, t. I, p. 231.
(7) Traité d'anat. comp., t. II, p. 327, 332, 343.
(8) *Handbuch der Anatomie*, t. III, p. 125.
(9) Traité de l'auscultation médiate, t. III, p. 14, 18.

l'homme ait son volume normal, il faut que sa grosseur égale à peu près celle du poing du sujet (*).

2° La hauteur à laquelle s'élève le sang qui jaillit d'une artère coupée, varie beaucoup suivant le diamètre du vaisseau et l'état momentané de la vie du sang. Chez l'homme, le jet d'une petite artère s'élève quelquefois à trois ou quatre pieds (1). Haller l'a vu monter de six pieds au sortir d'une petite branche de l'artère thoracique ou de la mésentérique, chez des Chiens et des Brebis, mais quelquefois aussi il ne s'élevait qu'à trois (2). Suivant Hales, il ne s'élança qu'à deux pieds de l'artère crurale d'un Cheval, tandis que, suivant Hufeland, le sang de la carotide d'une Brebis jaillit à huit pieds (3). Nasse l'a vu s'élever à deux pieds et demi de l'artère crurale et à six de la carotide d'un Chien.

3° Pour apprécier exactement la force du cœur, il faudrait connaître la quantité et le poids du sang, la vitesse de sa marche, l'étendue de sa carrière, l'appui que les vaisseaux lui prêtent et la résistance qu'ils lui opposent; et comme le choc de cet organe agit non pas sur du sang en repos, mais sur du sang déjà mis en mouvement par de précédens battemens cardiaques, et qu'il n'a par conséquent qu'à réparer la perte de force motrice essuyée pendant la dernière diastole, il faudrait aussi faire entrer cette circonstance en ligne de compte. Mais comme rien de tout cela ne nous est connu d'une manière exacte, tous les calculs qu'on pourrait établir sont fort vagues, suivant la remarque qu'en avait déjà faite Haller (4). Cependant nous ne pouvons pas les passer ici sous silence.

4° Borelli évaluait la force du cœur d'après la proportion entre son poids et celui de muscles dont la force est connue, notamment des temporaux; en calculant ainsi, il trouva qu'elle

(*) Comparez Bouillaud, Traité clinique des maladies du cœur, t. I, p. 26, 52, et Andral dans l'édition précitée de Laennec, t. III, p. 42, 44, 45.

(1) Bell, *An essay on the forces by which circulate the blood*, p. 3.

(2) *Loc. cit.*, t. I, p. 72.

(3) Dieffenbach, *Die Transfusion des Blutes*, p. 20.

(4) *Elem. physiol.*, t. I, p. 457.

s'élevait à cent quatre-vingt mille livres (1). Mais Borelli n'avait eu aucun égard ni aux différences de vitalité, ni à celles de mécanisme. Poiseuille a trouvé que le cœur pesant trois livres d'un Bœuf, élevait davantage la colonne de sang, que le cœur pesant six livres d'un autre Bœuf.

5° Quand on croise les jambes l'une sur l'autre, et qu'on met sur le bout du pied un poids de cinquante livres et au-delà, ce poids est soulevé, à chaque pulsation, avec le pied entier : si cet effet tient à l'extension de l'artère poplitée, il s'ensuit que, dans ce vaisseau, la force impulsive du sang dépasse cinquante livres : or comme l'artère poplitée n'éprouve qu'un cinquième de la puissance avec laquelle le cœur agit, la force de celui-ci doit aller au-delà de deux cent cinquante livres : elle doit même être bien plus considérable encore, puisqu'ici la force motrice agit sur le point d'appui (le creux du jarret), et que par conséquent la jambe représente un levier du troisième genre. Mais Carson (2) et Koch (3) ont prouvé que ce mouvement ne tient point à l'artère poplitée, qu'il est le résultat de la force combinée des petites artères contenues dans la substance musculaire; car l'artère poplitée est couverte de près d'un pouce de graisse, et les tendons des muscles fléchisseurs la dépassent d'un pouce et demi, de manière qu'on ne parvient à la comprimer qu'à l'aide de compresses graduées établies dans le creux du jarret : mais, dans ce cas, de même que quand on suspend la jambe en la saisissant par les deux condyles du fémur, le pied n'éprouve pas de pulsations : si, au contraire, on croise les jambes de manière que celle de dessus repose sur le condyle externe et le tendon du muscle biceps, le mouvement pulsatif apparaît, quoique l'artère poplitée ne subisse point alors de compression. Une pression qui s'élève au plus à quelques livres suffit d'ailleurs pour faire cesser les battemens de l'artère crurale à la région inguinale.

6° D'après Keil, la force motrice d'un liquide est égale au

(1) *Ibid.*, p. 448.

(2) *An inquiry into the causes of the motion of the blood*, p. 68.

(3) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1827, p. 426.

poids d'une colonne de ce même liquide dont la base offre autant de développement que l'orifice par lequel il s'échappe, et dont la hauteur est double de celle d'où ce liquide acquiert en tombant la vitesse avec laquelle il sort de l'ouverture. Or comme la paroi de l'aorte a 0,4187 pouce de diamètre, et que la hauteur d'où le sang devrait tomber pour acquérir la vitesse avec laquelle il coule du cœur, est de 17,76 pouces, la colonne, dont le diamètre est de 0,4187 pouces et la hauteur de 17,76 pouces, doit peser 7,436112 pouce cubes, c'est-à-dire cinq onces, et telle est la force du cœur (1).

7° Hales admettait que la force du cœur est égale à la hauteur que le courant du sang d'une artère atteint dans un tube adapté à celle-ci (§ 726, 15°), multipliée par l'étendue en surface du ventricule aortique. Dans le Cheval, le sang montait à 114 pouces, la superficie du ventricule gauche était de 26 pouces carrés, par conséquent la force du cœur était de 2964 pouces carrés, c'est-à-dire de 113 livres. Chez l'homme, elle serait de cinquante et une livres.

8° Poiseuille part du principe que toute la force statique qui meut le sang dans une artère est en raison directe du diamètre transversal de l'artère, et il trouve la force de la systole du cœur aortique en multipliant le diamètre de l'aorte par la pression de la colonne de mercure à laquelle le sang fait équilibre dans l'hémo-dynamomètre. Comme, chez un homme, la superficie d'une coupe transversale de l'aorte, à son origine, est de 908,2857 millimètres carrés, et que la colonne de mercure à laquelle le sang ascendant fait équilibre a 160 millimètres de hauteur, la force statique du sang dans l'aorte $= 160 \times 908{,}2857 = 145{,}325$ millimètres cubes de mercure, ou un poids de quatre livres trois onces et quarante-trois grains. Dans le Bœuf, la force du cœur, calculée de la même manière, est de dix livres et dix onces.

9° D'autres suppositions avaient antérieurement fait évaluer la force du ventricule aortique à neuf livres et une once par Jurin, à cent cinquante livres par Tabor (2).

(1) Haller, *Elem. physiol.*, t. I, p. 448.
(2) Haller, *Elem. physiolog.*, t. I, p. 452.

II. Causes étrangères au cœur.

§ 731. Si les considérations précédentes démontrent que le mécanisme du reste du système vasculaire permet au cœur d'accomplir la circulation, elles ne prouvent pas encore que cet organe l'effectue réellement à lui seul, qu'il en soit la condition nécessaire, et qu'il en renferme la cause essentielle. Loin de là, certains argumens s'élèvent contre la domination exclusive et l'essentialité du battement du cœur.

I. Quelques uns de ces argumens semblent pouvoir être réfutés.

On allègue, par exemple, contre l'efficacité du cœur, que, chez les Poissons, il existe entre lui et l'aorte les vaisseaux capillaires et les veines branchiales. Mais l'aorte de ces animaux n'exécute pas non plus de pulsations, et le sang n'y chemine que par la *vis a tergo*.

Œsterreicher (1) objecte que le cours du sang est intermittent dans le cœur, rémittent dans les artères, continu dans les capillaires et les veines. Mais cette variation s'explique par les dispositions mécaniques qui ont été précédemment (§ 725-728) passées en revue, notamment par la différence de capacité, de compression et d'attache.

Si l'on ne peut point produire les phénomènes de la circulation sur le cadavre par l'emploi d'une force analogue au choc du cœur, et surtout si, comme le fait remarquer Bell (2), on est obligé, quand on pratique des injections, de faire usage d'une force supérieure à celle du cœur, si, enfin, le liquide ainsi poussé ne sort point en arcade d'une artère ouverte, ainsi qu'il arrive pendant la vie (3), ces phénomènes paraissent ne tenir non plus qu'à la différence des dispositions mécaniques. Pendant la vie, il y a plus de tension partout, le sang a plus d'expansion, et il est soumis à la pression de parties turgescentes, rénitentes; l'effet de la force aspirante manque ordinairement dans les injections; mais la circon-

(1) *Loc. cit.*, p. 149.

(2) *An essay on the forces by which circulate the blood*, p. 11.

(3) *Loc. cit.*, p. 3.

stance la plus importante est la stagnation du sang épaissi dans les vaisseaux capillaires, stase qui manifeste déjà sa résistance pendant la vie, puisque, d'après les observations, entre autres, de Spallanzani (1), la circulation des Salamandres, quand elle a fait une longue pause et que le mouvement du cœur se ranime, recommence bien dans les troncs, mais ne reparaît plus dans la plupart des capillaires.

Senac dit que l'onde de sang qui est lancée par le cœur ne peut point déterminer toutes les artères à battre, ni ébranler tous les organes et mettre en mouvement tout le sang qui circule. Mais il ne s'agit pas ici du poids de l'onde sanguine, il est question seulement de la force avec laquelle elle est poussée contre la colonne du sang.

Enfin, on allègue, contre le battement du cœur, qu'il cesse dans la syncope et l'asphyxie, quoique la veine qu'on ouvre donne alors du sang. Mais il peut persister jusqu'à un certain degré sans être perceptible au toucher, et l'ouverture de la veine rétablir la circulation par le fait de la pression des parties entourantes, tant que le sang est encore mobile dans les vaisseaux capillaires.

II. D'autres argumens, qui se rapportent à ce que la circulation continue encore quelque temps après la cessation de l'action du cœur, ont plus de poids, sans cependant être décisifs ; car on peut objecter contre eux que le courant de sang mis en mouvement n'arrive pas tout d'un coup à un repos parfait, et que la pression des parois l'entretient encore pendant quelque temps dans la direction qui lui avait été imprimée d'abord.

1° S'il arrive parfois au sang de couler encore dans les artères et les veines après la mort du cœur (2), ou de sortir par la plaie d'une veine après la ligature de l'aorte (3), l'effet peut tenir, dans le premier cas, à l'action aspirante que le cœur exerce durant la dernière diastole ; et, dans le second, à la cessation de la pression par le fait de la blessure du vaisseau.

(1) *Loc. cit.*, p. 185.
(2) Haller, *Opera minora*, t. I, p. 115.
(3) *Ibid.*, p. 104, 117.

2° Après avoir lié l'aorte et la veine cave d'un Chien, Jæckel (1) vit une plaie faite à la veine, au dessous de la ligature, donner lieu à une hémorrhagie qui rendit l'animal complétement exsangue, quoique le sang fût obligé de monter contre la loi de la pesanteur. Wedemeyer (2) a vu, chez des Grenouilles, le sang continuer encore pendant quelque temps d'avancer, après la ligature du cœur, puis devenir fluctuant, et enfin s'arrêter.

3° Spallanzani (3) a remarqué qu'après l'ouverture du cœur, le sang refluait des artères, et que les capillaires des ovaires étaient les seuls vaisseaux dans lesquels il continuât d'avancer avec lenteur. Baumgærtner (4) a vu le sang couler par les veines dans l'oreillette qui avait été ouverte, et il a reconnu qu'après l'incision du ventricule et la ligature de l'aorte, ce liquide continuait de marcher dans les vaisseaux capillaires jusqu'à ce que les artères se fussent vidées.

4° Suivant les observations de Haller (5) sur des Grenouilles, après l'excision du cœur, le sang se porte dans les veines vers la plaie, et la circulation continue pendant près d'une demi-heure, quoique d'une manière irrégulière. En pareil cas, Spallanzani (6) a vu, sur des Salamandres, la circulation cesser sur-le-champ dans les artères, se ralentir au bout de quelques minutes, puis s'arrêter dans les capillaires, mais persister pendant dix-sept minutes dans les veines. Treviranus (7) l'a observée pendant une demi-heure dans la membrane natatoire des Grenouilles, et il a remarqué que l'ouverture d'un vaisseau accroissait le mouvement. Hastings (8), Wedemeyer (9) et Wilson (10) ont fait des observations analogues sur des Grenouilles et des Lapins.

(1) *De motu sanguinis*, p. 26.

(2) *Loc. cit.*, p. 232.

(3) *Loc. cit.*, p. 329.

(4) *Medicinisch-chirurgische Zeitung*, 1829, t. IV, p. 170.

(5) *Opera minora*, t. I, p. 115, 119, 128, 222.

(6) *Loc. cit.*, p. 327.

(7) *Biologie*, t. IV, p. 262.

(8) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. VI, p. 228.

(9) *Loc. cit.*, p. 233.

(10) *Ueber die Gesetze der Functionen des Lebens*, p. 70, 158.

5° La marche du sang continue pendant quelque temps, même dans des parties mises hors de toute communication avec le corps. Schultz, entre autres (1), s'en est convaincu sur le mésentère d'une Souris. On peut également le constater sur tout lambeau quelconque détaché du corps d'une Grenouille.

Cependant, comme, dans tous ces cas (2°, 5°), la marche du sang ne dure pas long-temps, on peut toujours présumer que c'est en vertu de dispositions mécaniques qu'il arrive à ce liquide de passer des artères, dont les parois sont plus épaisses, circonscrivent un espace moins étendu, et jouissent d'une élasticité qui les resserre peu à peu sur elles, dans les veines, qui, de tous les vaisseaux, sont les plus exposés à être blessés.

(Lorsqu'on examine au microscope une partie tout-à-fait séparée du corps, on reconnaît qu'aussi long-temps que le sang s'écoule des troncs vasculaires divisés, il continue de se mouvoir dans les capillaires, où cet écoulement doit de toute nécessité influer sur son mouvement. Celui-ci dure environ dix minutes dans la membrane interdigitale d'une patte coupée de Grenouille, et il y rétrograde des petits vaisseaux vers les troncs, d'une manière uniforme, sans pouls. J'attribue cet effet à l'écoulement du sang, qui attire ce liquide des capillaires. A la vérité, il devrait se produire un vide dans ceux-ci, en supposant que l'écoulement eût lieu à la fois par les artères et les veines, ce qu'on est bien obligé d'admettre, et ce vide devrait mettre obstacle à ce que les capillaires se vidassent; mais, à mesure que les vaisseaux perdent leur sang, ils se resserrent par l'effet de leur élasticité et s'affaissent par celui de la pression atmosphérique, tandis qu'auparavant ils étaient distendus par l'impulsion du liquide; aussi voit-on leur diamètre diminuer à proportion que le mouvement s'affaiblit.) (2)

6° On trouve quelquefois des anomalies considérables, telles que squirrhes, encéphaloïdes, kystes séreux, etc., dans

(1) *Der Lebensprocess im Blute*, p. 57.

(2) Addition de J. Muller.

la substance du cœur, sans que la circulation ait éprouvé de trouble notable. Mais il est surtout fréquent de rencontrer des ossifications, qui paraissent rendre impossibles les alternatives de contraction et d'expansion, quoique la vie ait dû subsister pendant long-temps avec elles : on a vu des anneaux osseux, larges d'un pouce, qui entouraient la base de l'organe, ou des plaques osseuses non moins larges et longues de quatre pouces, qui s'étendaient dans la cloison, depuis la base jusqu'à la pointe (1); on a trouvé le ventricule aortique ossifié (2) ou pétrifié (3), et l'on a aussi observé le cœur entier ossifié chez deux Canards.

III. Mais les preuves les plus concluantes sont celles qui suivent :

7° Dans l'embryon, le sang se rend des membranes de l'œuf au cœur, avant que ces membranes en aient reçu de lui (§ 399, 9°).

8° On a trouvé des embryons sans cœur, et qui cependant étaient développés, du moins en partie, d'une manière complète (4).

9° Le sang ne se répand point toujours uniformément dans toutes les parties, et l'inégalité de sa répartition ne dépend pas de dispositions mécaniques permanentes, mais de l'état de la vie.

A. *Causes inhérentes aux vaisseaux.*

§ 732. Le cœur se compose de la membrane vasculaire commune, à laquelle sont joints des fibres musculaires, des nerfs, des vaisseaux nourriciers et une gaîne séreuse. Nous retrouvons tous ces élémens dans les vaisseaux, mais moins développés : les vaisseaux ressemblent donc au cœur, quant aux points essentiels, et, suivant la remarque déjà faite par Senac, on peut les en considérer comme des répétitions affectant une forme spéciale et ne différant de lui qu'eu égard au

(1) Meckel, *Handbuch der pathologischen Anatomie*, t. II, p. 173.
(2) *Ibid.*, p. 174.
(3) *Ibid.*, p. 176.
(4) *Ibid.*, t. I, p. 163.

degré. Aussi, chez les animaux articulés, dont le système vasculaire est incomplétement développé, le cœur et les vaisseaux passent-ils de l'un à l'autre sans ligne de démarcation bien tranchée ; on ne saurait décider si les Annelides ont des cœurs en forme de vaisseaux, ou des vaisseaux remplissant l'office de cœur ; nous ne voyons là que des organes qui contiennent le sang et le mettent en mouvement, et dans lesquels ne s'est encore développé ni le caractère du cœur ni celui des vaisseaux. Le cœur est l'expression de l'unité dans le système sanguin, ce qui fait qu'on ne le voit apparaître que quand celui-ci est parvenu à un haut degré de formation. Mais il n'acquiert point encore son unité complète dans les classes inférieures d'animaux vertébrés.

1° L'artère qui naît du cœur à un seul ventricule, et qui conduit le sang, chez les Poissons, aux seuls organes respiratoires, chez les Batraciens, en partie à ces organes et en partie aussi au reste du corps, est renflée en un bulbe musculeux qui, à titre de répétition du cœur, exécute des pulsations indépendantes de celles de cet organe. Lorsque Spallanzani (1) excisait ce bulbe chez des Salamandres, il le voyait continuer encore de battre pendant une demi-heure ; s'il le coupait en travers, les deux moitiés battaient ; s'il l'enlevait avec le cœur, l'un et l'autre organe battaient ensemble pendant un certain laps de temps, puis le bulbe s'arrêtait, tandis que le cœur continuait encore de battre, de même que, dans d'autres cas, celui-ci perdait son mouvement, pendant que l'autre conservait le sien; mais (2) le tronc artériel commun n'exécutait pas de pulsations indépendantes. Wedemeyer (3) a fait des observations analogues sur des Poissons, des Grenouilles, des Salamandres et des embryons de Poulet (§§ 400, 12° ; 442, 2°). Spallanzani (4) a également vu l'arc aortique des Lézards battre encore après qu'il l'avait embrassé d'une double ligature ou excisé et mis sur la table ; la forte pulsation de l'artère pul-

(1) *Loc. cit.*, p. 356.
(2) *Loc. cit.*, p. 360.
(3) *Untersuchungen*, p. 20, 48. — Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1828, p. 339, 347.
(4) *Loc. cit.*, p. 363.

monaire, au contraire, ne provenait que du battement du cœur, car elle cessait après une double ligature.

2° De même aussi les veines caves battent chez les animaux à sang froid ; Haller (1) et Spallanzani (2) ont reconnu que les pulsations de l'antérieure s'étendent depuis le cœur jusqu'à ses branches, et celles de la postérieure jusqu'au foie. Leur systole précède celle de l'oreillette, de même que celle du bulbe aortique succède à la systole du ventricule et termine le battement du cœur, comme l'ont observé Haller (3) et Wedemeyer (4). Elles battaient encore après que Spallanzani les avait ouvertes et en avait laissé couler le sang.

1. CAUSES INHÉRENTES AUX ARTÈRES.

§ 733. Chez les animaux à sang chaud, la force motrice est concentrée dans le cœur, et domine sur tout le système sanguin, de manière qu'on n'aperçoit plus de pulsations indépendantes dans les artères. En effet, si Rosa (5) et Reinarz (6) ont vu, sur des Mammifères, l'aorte battre ou osciller d'une manière rhythmique, après avoir été liée sur deux points et coupée, ce phénomène devait tenir à des circonstances particulières, auxquelles on n'a point eu égard, et qui ne se représentent pas une fois sur mille. Mais, d'un autre côté, il nous est impossible de considérer comme des tubes inertes les artères, ces conducteurs du sang vivant, qui ressemblent au cœur quant aux points essentiels. Loin de là, les particularités suivantes rendent probable qu'elles possèdent une force motrice vivante.

1° Elles ont, dans leur tunique moyenne, des fibres parallèles les unes aux autres, et superposées par couches, dont la couleur est jaunâtre et devient rosée après quelques jours de macération. Ces fibres diffèrent sans doute de celles des muscles soumis à la volonté, en ce qu'elles sont plus plates,

(1) *Opera minora*, t. I, p. 222.

(2) *Loc. cit.*, p. 199, 364.

(3) *Loc. cit.*, p. 228.

(4) *Loc. cit.*, p. 188.

(5) *Giornale per servire alla storia della medicina*, t. I, p. 189.

(6) *Diss. de irritabilitate arteriarum propria*, p. 18.

élastiques, sèches, cassantes, et, suivant Berzelius, insolubles dans l'acide acétique, tandis que les acides minéraux les dissolvent aisément, et que la potasse ne les précipite point de la dissolution; mais tout ce qu'on peut conclure de là, c'est que les artères ne sont point des muscles qui reconnaissent l'empire de la volonté. On les comprend dans la catégorie des organes constitués par le tissu élastique jaune, qui se trouve sur les points où la force musculaire est favorisée par la locomotilité, par exemple entre les apophyses épineuses; mais elles diffèrent beaucoup de cette forme de membranes fibreuses; elles ne sont point aussi entremêlées; on les sépare plus aisément, et elles se disposent par couches plus régulières. D'après l'analogie, nous devons les considérer comme des fibres motrices qui se sont accumulées sur la membrane vasculaire commune, de la même manière que les fibres musculaires du cœur sont déposées sur cette membrane, ou que celles des autres organes creux le sont à la superficie de la membrane muqueuse. Dans chaque organe, les muscles qu'on appelle de la vie organique sont disposés d'une manière particulière, en raison de la nature spéciale de cet organe, de sorte qu'il est tout naturel qu'elles soient autres dans les artères que dans le cœur ou dans les muscles qui obéissent à la volonté. Wedemeyer (1) croit qu'elles n'ont d'autre usage que de résister à l'impulsion du cœur par leur rigidité, et (2) qu'elles doivent leur origine au choc du sang, parce qu'elles sont plus fortes à l'endroit des bifurcations et au côté convexe des artères, et plus faibles aux artères cérébrales, où l'impulsion du cœur se trouve brisée. Mais la pression mécanique de l'onde sanguine devrait bien plutôt condenser et épaissir la membrane vasculaire commune; la multiplication des fibres artérielles dans les points contre lesquels le courant du sang fait plus d'effort, dépend de l'accroissement de la nutrition, tel qu'il a lieu partout où les fibres motrices exercent une action plus énergique. La force impulsive du cœur n'est nullement brisée dans les artères cé-

(1) *Untersuchungen*, p. 80.
(2) *Ibid.*. p. 10.

rébrales, puisque ces artères battent avec assez de force pour soulever la masse entière du cerveau, et s'il se trouve moins de fibres en elles, si même elles n'en contiennent pas du tout, ce phénomène semble tenir bien plutôt à ce que la fibre musculaire disparaît de la sphère du cerveau, puisque les fibres ne sont nulle part plus développées que dans les artères des muscles soumis à la volonté, et qu'ainsi chaque partie imprime à ses vaisseaux un caractère en harmonie avec le sien propre. Enfin, Wedemeyer (1) a vu que, même chez un monstre privé de cœur, la couche fibreuse des artères surpassait en épaisseur celle des veines. Du reste, Autenrieth (2) fait remarquer que la couche fibreuse externe a plus d'élasticité et prédomine dans les troncs, tandis que l'interne est plus rouge, plus molle et proportionnellement plus forte dans les branches.

2° Il se répand, dans la couche fibreuse, des nerfs nombreux, dont le tissu élastique jaune est dépourvu. Nous ne pouvons pas croire que ces nerfs soient destinés à agir sur le sang et à le maintenir vivant; car alors ils se distribueraient surtout à la membrane vasculaire interne, et ne seraient pas si développés dans les troncs, où le sang marche avec plus de rapidité qu'ailleurs. Il nous est également impossible d'admettre l'hypothèse qui leur attribue pour fonction d'animer le système nerveux par le moyen du sang, puisque ce système reçoit partout des vaisseaux sanguins qui lui appartiennent en propre. Nous sommes donc forcés de reconnaître une connexion essentielle entre les nerfs et la couche fibreuse, puisqu'ils n'ont leurs extrémités périphériques que dans cette couche, et qu'ils sont moins nombreux dans les veines, qui ont des fibres plus faibles et des mouvemens moins prononcés que dans les artères.

§ 734. Si, parmi les phénomènes d'un mouvement des artères différent de la pulsation, nous considérons

I. Ceux qui se laissent dériver de la simple élasticité, nous trouvons d'abord :

(1) *Loc. cit.*, p. 11.
(2) *Handbuch der Physiologie*, t. I, p. 153.

1° La vacuité et la contraction des artères après la mort (§ 634, 5°, 635, 1°). Le sang que le dernier battement du cœur lance dans ces vaisseaux, y trouvant une plus grande pression, passe dans les veines ; ce sont surtout les ramifications artérielles qui se vident, tandis que les troncs conservent encore une partie du sang de la dernière ondée, à l'état liquide ou coagulé : les artères ossifiées demeurent pleines de sang (1). Les artères se rétrécissent pendant la raideur cadavérique, de telle sorte qu'alors le terme moyen de la proportion entre leur capacité et celle qu'elles ont pendant la vie est de 1 : 1,56, d'après les observations de Parry ; quand la raideur a cessé, elles se dilatent un peu, mais ne reviennent pas au degré de distension que le sang leur procurait pendant la vie, et, suivant le même écrivain, la proportion est alors de 1 : 1,27.

2° Les artères se rétrécissent pendant la vie, dès qu'elles reçoivent moins de sang qu'auparavant, ou qu'il ne leur en arrive plus du tout, soit qu'elles éprouvent alors une compression (2), soit qu'il y ait moins de sang dans le corps, puisqu'en pareil cas le pouls devient petit et filiforme. La proportion entre leur capacité après une hémorrhagie épuisante et avant cette perte générale du sang, était, selon Spallanzani, de 1 : 6 dans l'aorte antérieure d'une Poule, et de 1 : 1,25 dans la postérieure (3) ; suivant Hunter, de 1 : 1,11 dans l'aorte d'un Cheval, 1 : 1,20 dans l'artère iliaque, et 1 : 1,50 dans la crurale ; d'après Parry, de 1 : 1,78 dans la carotide d'un Belier (4). Hunter prétend que certaines branches, comme l'artère radiale, peuvent se resserrer au point de s'oblitérer entièrement, ce que Treviranus et Wedemeyer (5) n'ont cependant jamais observé.

3° Quand les artères ont été liées, elles se vident encore, et

(1) Sœmmerring, *Gefæsslehre*, p. 76.

(2) Magendie, Précis de physiologie, t. II, p. 319.

(3) *Loc. cit.*, p. 350.

(4) *Experimentaluntersuchung ueber die Natursachen und Verschiedenheiten des arteriæsen Pulses*, p. 18.

(5) *Untersuchungen*, p. 32.

poussent le sang non seulement dans leurs propres ramifications, sans qu'il y ait parfois aucune trace de rétrécissement, mais même jusque dans les veines (1).

4° Une artère embrassée par deux ligatures, à laquelle on pratique une piqûre, laisse échapper le sang, même sous la forme de jet, et se resserre. Ainsi, par exemple, Reinarz (2) a vu la carotide externe se vider jusqu'à la dernière goutte, tandis que l'aorte abdominale ne laissa échapper peu à peu, par une plaie longue de deux lignes, que les sept huitièmes de son sang.

5° Les artères coupées en travers se resserrent tellement, à leur ouverture, que le sang ne peut plus couler, ainsi que Spallanzani (3) l'a observé sur l'aorte ventrale des Lézards. Elles diminuent surtout lorsqu'elles viennent à se rétracter et à s'éloigner de la plaie, parce qu'alors elles sont comprimées par les parties environnantes. Voilà pourquoi on pratique la section de celles qui n'ont été que piquées, afin d'arrêter le sang. Lorsque les circonstances ne leur permettent pas de se resserrer, une hémorrhagie mortelle peut avoir lieu, même par une petite branche, telle qu'une artère dentaire.

II. A ces mouvemens se rattachent

6° Ceux qui sont provoqués par des impressions mécaniques, sans être en même temps déterminés par les lois de la mécanique, en un mot, qui succèdent à une irritation mécanique. Généralement parlant, ils sont assez rares; cependant des observateurs dignes de foi ont eu occasion de les voir. L'artère crurale d'un Chien, que Verschuir (4) avait râclée avec un scalpel, se resserra sur cinq points à la fois, de manière que les interstices étaient distendus par du sang; dans d'autres cas d'irritation avec l'instrument tranchant, l'artère crurale se contracta dans l'endroit sur lequel agissait l'instrument (5), et le phénomène eut lieu sur plusieurs points de l'é-

(1) Magendie, *loc. cit.*, t. II, p. 259, 319.

(2) *Diss. de irritabilitate arteriarum*, p. 19.

(3) *Loc. cit.*, p. 365.

(4) *De venarum et arteriarum vi irritabili*, p. 83.

(5) *Ibid.*, p. 89.

tendue de la carotide (1). Thomson détermina une contraction complète par des piqûres d'épingles (2). Hastings a vu le râclement des artères avec un bistouri, chez des Chats, déterminer la crurale à se contracter dans sept cas, et l'aorte dans quinze (3). Wedemeyer (4) a donné lieu au même effet, mais plus rarement, par des piqûres et des pincemens. Reinarz (5) dit l'avoir provoqué par une simple pression; l'aorte d'un Chien, après avoir été liée et coupée, se contracta pendant six secondes, sous la pression assez peu forte du doigt; une autre, qui avait été vidée, se resserra promptement à cinq reprises, quand on vint à la comprimer, et éprouva encore deux constrictions au bout de dix secondes; l'aorte excisée d'un Bœuf se resserra sur le doigt introduit dans son intérieur, et revint à son diamètre antérieur après qu'on eut retiré le doigt; une autre aplatit légèrement un cylindre de cire glissé dans sa cavité, et permit, au bout de dix minutes, de le retirer avec facilité. Je me suis convaincu, sur des Chevaux, que les artères, détachées du corps, se resserraient sur les cylindres correspondans à leur calibre qu'on introduisait dans leur intérieur; mais je n'ai jamais vu cette constriction alterner avec la dilatation.

7° Verschuir (6) a vu les artères se contracter par le contact de l'ammoniaque, de l'acide sulfurique ou de l'acide nitrique.

8° Il n'a été témoin d'aucun effet provoqué par le galvanisme (7). Osiander prétendait avoir déterminé des contractions dans les vaisseaux du cordon ombilical coupé, en faisant agir sur eux l'excitation galvanique; mais, d'après Wedemeyer (8), le galvanisme n'exerce pas d'influence sur les grosses artères séparées du cœur, quoique, chez les animaux vi-

(1) *Ibid.*, p. 90.
(2) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. I, p. 444.
(3) *Ibid*, t. VI, p. 224.
(4) *Loc. cit.*, p. 241.
(5) *Loc. cit.*, p. 18.
(6) *Loc. cit.*, p. 81, 84, 88, 90.
(7) *Ibid.*, p. 92.
(8) *Untersuchungen*, p. 36, 66.

vans (1), il détermine ces vaisseaux à se resserrer d'un quart, et même de moitié environ, ce qui s'accompagne d'un accroissement de vitesse de la circulation.

9° Moscati (2), Hunter, Parry (3) et autres ont observé que les artères mises à nu se contractent quelquefois, probablement par l'impression de l'air. Le contact de l'air arrête une hémorrhagie artérielle; aussi les plaies des artères profondes sont-elles plus dangereuses, et celles des artères logées dans des cavités presque toujours mortelles. Mais il arrive aussi quelquefois que, pendant le cours même de l'observation, certains points de l'étendue d'une artère se contractent avec assez de rapidité, sans cause appréciable, qu'ils persistent quelque temps dans cet état, et qu'ensuite ils se dilatent, phénomènes dont Parry (4) et Thomson (5) ont été témoins. Enfin nous concluons, dans quelques maladies, qu'il y a état spasmodique des artères lorsque nous trouvons le pouls petit, dur et tendu; car cet état ne peut tenir ni à la pression exercée par les muscles, ni à un changement de l'activité du cœur, et quand le spasme vient à cesser, aux approches de la sueur, etc., le pouls redevient large et mou.

§ 735. Passons maintenant à l'appréciation de ces mouvemens.

I. Nous devons d'abord chercher à en connaître l'essence, point de vue sous lequel il faut, à la vérité, nous contenter de déterminer la classe à laquelle ils appartiennent, après nous être bien entendus sur le caractère des classes.

1° L'*élasticité* est une manifestation de la cohésion, qui tend à se maintenir en rétablissant par constriction le rapport mutuel des parties d'un corps, lorsqu'il a été troublé par une puissance distensive. Les artères jouissent de cette propriété. Tant que leur cohésion n'a point été détruite par la putréfaction, tant qu'elles ne sont point passées à l'état de rigidité

(1) *Ibid.*, p. 242.

(2) *Giornale per servire alla storia della medicina*, t. I, p. 222.

(3) *Loc. cit.*, p. 56.

(4) *Loc. cit.*, p. 64.

(5) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. I, p. 441.

par l'effet de la dessiccation, elles se raccourcissent quand on les pince, et se resserrent lorqu'on les distend.

2° Mais, dans l'organisme vivant, il règne, entre les solides et les liquides, une tension mécanique qui n'existe plus dans le cadavre. Les liquides en général et le sang en particulier (§ 693) jouissent de l'expansion à un haut degré, et distendent les parties solides au-delà de ce que permet leur degré spécial de cohésion, de manière que celles-ci ont une propension continuelle à se resserrer sur elles-mêmes, et que quand les obstacles viennent à disparaître, elles se contractent beaucoup plus qu'elles ne le font après la mort. Cette forme de l'élasticité, qui appartient en propre à la vie, et qu'on appelle *tonicité*, se retrouve plus ou moins dans tous les organes mous, et s'observe par conséquent aussi dans les artères. Pendant la vie, les artères sont rénitentes, à cause du liquide emprisonné par leurs parois; elles se rétractent après avoir été coupées et se resserrent après avoir été distendues, beaucoup plus qu'il ne leur arrive de le faire sur le cadavre; de sorte que, si l'on y pratique une piqûre, le sang s'échappe en forme de jet (§ 734, 4°), phénomène qui n'a point lieu après la mort.

3° Enfin la *force musculaire* dépend bien aussi de la cohésion, mais elle ne diffère pas de l'élasticité par le degré seulement, comme le fait la tonicité; elle s'en éloigne aussi sous le point de vue de la qualité, et elle appartient également aux artères. Quant à ce qui concerne le rapport quantitatif, elle occupe le plus haut rang, et provoque un resserrement plus fort que la tonicité, qui elle-même agit plus puissamment que l'élasticité. Mais elle se distingue aussi eu égard à la qualité.

a. Elle a son siége dans des fibres qui, d'après leur nature, laissent apercevoir des alternatives de contraction et d'expansion, tandis que l'élasticité et la tonicité agissent d'une manière permanente. Dans les observations qui ont été rapportées (§ 734, 2°), les artères se contractaient et se distendaient alternativement, tandis qu'en vertu de sa tonicité, le tissu cellulaire persiste, sans nulle oscillation, dans l'état de constriction où il a été mis.

b. La tonicité, comme élasticité vivante, dépend unique-

ment de circonstances mécaniques, ce qui fait que ses manifestations varient suivant que la cohésion est déterminée par la proportion de l'humidité ou par la température, comme on voit, par exemple, le scrotum se contracter sous l'influence du froid. La force musculaire, au contraire, est sollicitée à déployer ses effets par des influences qui ne changent ni la situation des parties, ni l'état de cohésion, mais seulement l'état intérieur de la vie, et qu'en conséquence nous désignons sous le nom générique de stimulus, parce qu'au lieu d'agir directement et de produire des changemens matériels proportionnés à leur force mécanique, elles sollicitent seulement la force motrice vivante interne à se manifester.

c. Les artères possèdent une force motrice susceptible d'être mise en jeu par des stimulans. En effet, d'après les observations que nous avons rapportées (§ 734, 6°, 7°, 8°), elles se contractent sous l'influence de stimulations diverses, mécaniques, chimiques et galvaniques.

d. Comme leur contraction se rattache à l'activité vivante, elle cesse à la mort. Verschuir (1) a vu des artères qu'une irritation mécanique avait déterminées à entrer en contraction, se dilater après la mort, et Parry a observé le même phénomène sur celles qui s'étaient resserrées après avoir perdu tout leur sang; la proportion entre le diamètre qu'elles offraient alors et celui qu'elles présentaient avant l'écoulement du sang, était de 1 : 1,78 pendant la vie, 1 : 1,35 après la mort, et 1 : 1,25 cinq minutes plus tard.

e. L'irritabilité s'épuise par le fait seul de l'excitement, sans qu'on aperçoive aucun changement mécanique. Verschuir (2) et Wedemeyer (3) ont reconnu que, quand les artères avaient été déterminées à se contracter par le râclement avec un scalpel ou par le galvanisme, l'emploi répété des mêmes moyens d'excitation ne provoquait plus en elles que peu ou point de réaction.

f. La force musculaire se manifeste diversement selon l'état

(1) *Loc. cit.*, p. 90.
(2) *Loc. cit.*, p. 84.
(3) *Untersuchungen*, p. 242.

intérieur de la vie. Lorsque Verschuir (1) irritait une artère crurale avec le scalpel, il voyait une branche éloignée du point stimulé se contracter dans l'étendue d'un pouce, puis revenir à son calibre primitif. De même, diverses artères, stimulées dans un point, se resserraient sur deux à cinq (2), de sorte que les interstices contenaient à peu près le double de sang.

g. Enfin, quelque temps après la mort, on n'observe plus aucune trace d'irritabilité dans les artères. L'acide nitrique même, quoiqu'il détermine toujours un ratatinement, ne provoque plus de mouvemens semblables à ceux qu'il occasione pendant la vie (3).

II. Si nous comparons la force motrice des artères avec celle d'autres organes, nous trouvons qu'elle présente un caractère particulier, qui semble être en harmonie avec la nature de ses fibres (§ 733, 1°).

4° La contraction des artères s'observe rarement. La plupart des expériences de Verschuir demeurèrent sans résultat, quoique les muscles soumis à la volonté et les intestins se montrassent encore irritables. Haller (4), Bichat et Magendie (5) ont été portés par l'inutilité de leurs tentatives à nier absolument l'irritabilité des artères.

5° La contraction n'a lieu que d'une manière lente. Hastings (6) fut obligé de râcler l'artère crurale d'un Chat pendant dix minutes avant qu'elle se contractât. L'irritation causée par l'ammoniaque ou l'essence de térébenthine avait besoin également de durer plusieurs minutes. Le galvanisme, d'après Wedemeyer (7), n'agit pas non plus tout à coup, comme il le fait sur le cœur ou les muscles soumis à l'empire de la volonté.

6° La contraction n'est point une convulsion momentanée;

(1) *Loc. cit.*, p. 89.
(2) *Loc. cit.*, p. 83, 85, 90, 91.
(3) *Loc. cit.*, p. 90.
(4) *Opera minora*, t. I, p. 299.
(5) Journal de physiologie, t. I, p. 106.
(6) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. VI, p. 224.
(7) *Untersuchungen*, p. 242.

c'est un resserrement qui persiste. Après le râclement avec un scalpel, Verschuir (1) la vit durer deux heures sur l'artère rénale, Hastings un quart d'heure sur l'artère crurale, et une demi-heure sur l'aorte. Suivant Wedemeyer (2), elle dure depuis dix minutes jusqu'à plusieurs heures après la galvanisation.

7° Elle n'est point uniforme. Au dire de Verschuir (3), elle avait lieu, sur un même individu, dans quelques artères et non dans d'autres. Cet observateur l'a observée aussi sur les artères d'un côté et non sur les correspondantes du côté opposé (4), ou seulement sur quelques uns des rameaux d'une seule et même branche (5).

8° Enfin elle affecte des formes différentes, suivant Hastings (6). Tantôt elle consiste en une constriction annulaire, semblable à celle qui résulterait de l'application d'un fil; tantôt elle a plus d'étendue; quelquefois le resserrement et l'expansion ont lieu ensemble, de manière que le vaisseau paraît noueux; quelquefois ces deux phénomènes se succèdent l'un à l'autre.

III. Des forces motrices diverses sont donc réunies dans les artères; on y trouve l'élasticité, qui appartient aussi à la matière non vivante, la forme de cette élasticité qui reçoit de la vitalité les caractères de la tonicité, et la force musculaire propre à la vie animale, mais qui n'est ici que faiblement développée, en quelque sorte analogue à celle du canal intestinal, de la vessie urinaire et de la matrice, quoique moins prononcée encore, et plus appropriée à déterminer un effet soutenu qui vienne au secours de la tonicité. La force mécanique et la force vivante sont pour ainsi dire fondues ensemble, et la première prédomine dans les artères, tandis que c'est la seconde qui l'emporte dans le cœur. Quant à la part que l'une et l'autre prennent à la marche du sang, la force mécanique

(1) *Loc. cit.*, p. 85.
(2) *Untersuchungen*, p. 242.
(3) *Loc. cit.*, p. 90.
(4) *Loc. cit.*, p. 83, 84, 88.
(5) *Loc. cit.*, p. 81.
(6) *Loc. cit.*, p. 227.

doit produire un effet proportionné à la cause par laquelle elle est sollicitée. Si donc l'artère se dilate et s'allonge sous l'influence de l'ondée de sang lancée par la diastole du cœur, elle se resserre et se raccourcit ensuite par le fait de son élasticité, de sorte que le sang continue d'y cheminer pendant la diastole du cœur.

Lorsque, dans une pompe, le liquide mis en mouvement par le choc du piston, agit latéralement sur un corps élastique et le met à l'état de tension, ce corps, après avoir reçu le choc du piston, revient à ses conditions antérieures de cohésion, et pousse encore le liquide, de manière que celui-ci coule non par saccades, mais sans interruption. Si, dans une pompe à feu, cet effet tient à ce que le jet d'eau comprime, pendant le choc du piston, l'air renfermé dans la chaudière, et qui continue de la pousser en vertu de son expansibilité, la continuité du courant dans les artères (§ 714, 1°) peut dépendre de ce que la colonne de sang qui avait distendu le vaisseau pendant la systole du cœur, est chassée, durant la diastole de celui-ci, par la contractilité du vaisseau qui entre alors en jeu. Cette comparaison a été établie par Steinbuch (1), Arnott (2) et Weber (3). Elle peut nous servir à expliquer comment le courant continue bien pendant la diastole du cœur, mais devient plus faible, attendu que l'élasticité de l'artère n'a point autant de puissance que la force musculaire du cœur. Mais si nous comparons la contraction visible de l'artère (§ 710, II) avec le courant qui a lieu pendant la diastole du cœur, elle nous paraît si peu considérable, en proportion du courant, qu'il nous est bien difficile de l'en considérer comme l'unique cause. D'ailleurs, comme il ne survient pas de contractions dans les branches réduites à un petit calibre (§ 710, 2°), ni même souvent dans les grosses branches et les troncs (§ 710, 3°; 720, III), et que, d'un autre côté, la colonne de sang mise en mouvement par l'impulsion du cœur ne peut pas entrer en repos immédiatement après cette der-

(1) Hufeland, *Journal der praktischen Heilkunde*, 1815, cah. 3, p. 9.
(2) *Elemente der Physik*, t. I, p. 461.
(3) *Anatomie des Menschen*, t. III, p. 70.

nière, l'effet consécutif de l'impulsion doit être la cause principale qui fait que le courant continue, mais en s'affaiblissant, aidé toutefois par la contraction, quand il s'en opère une. Wedemeyer allègue, à l'appui de l'opinion suivant laquelle la rémission du courant sanguin dépendrait de l'élasticité des artères, que l'eau injectée par saccades dans l'artère crurale d'un cadavre coule, par les artères ouvertes de la jambe, d'une manière non pas intermittente, mais rémittente (1); cependant il n'est guère possible de comparer l'écoulement de cette eau à celui de sang qui a lieu pendant la diastole du cœur.

Mais la force musculaire de l'artère ne peut y prendre aucune part; car, d'après ce qui précède (4°-7°), elle se manifeste rarement, avec lenteur, d'une manière continue, et sans uniformité, par conséquent elle a un caractère totalement différent de celui des pulsations, et elle doit avoir un autre but (§ 750). Arnott (2) admet qu'elle agit simultanément avec la force musculaire du cœur, et que, pendant la systole de cet organe, elle donne aux artères une rigidité en vertu de laquelle elles peuvent propager l'effet de la systole tout aussi bien que si elles étaient des tubes métalliques; mais la rénitence qui distingue l'artère vivante et pleine de l'artère du cadavre n'est que la manifestation de l'élasticité modifiée par la vie, ou, en d'autres termes, de la tonicité.

2. VAISSEAUX CAPILLAIRES.

§ 736. Les vaisseaux capillaires

I. Exécutent une contraction dans certaines circonstances.

1° On ne peut point les injecter pendant la raideur cadavérique (§ 634, 4°). Bell, par exemple (3), a trouvé, sur une Tortue, l'injection impossible immédiatement après la mort, quelque force qu'il employât, tandis que le lendemain elle s'opérait avec facilité. Mais ce phénomène ne prouve pas qu'il y ait de force musculaire, puisque la substance organique en général se condense pendant la raideur cadavérique (§ 635, 1°).

(1) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1828, p. 339.

(2) *Loc. cit.*, p. 463.

(3) *An essay on the forces by which circulate the blood*, p. 35.

2° Lorsque l'on excise une partie, le sang s'échappe des vaisseaux capillaires, parce qu'il y était auparavant comprimé, et qu'alors l'effet de la pression se trouve détruit; les capillaires eux-mêmes se resserrent dans ce cas, d'un côté parce qu'ils reviennent à leur diamètre naturel, de l'autre parce qu'après qu'un vide s'est produit dans leur intérieur, la pression des parties environnantes et celle de l'atmosphère les obligent de s'affaisser (§ 734, 5°).

3° Les vaisseaux capillaires coupés en travers se resserrent au contact de l'air frais et cessent de saigner. Ce phénomène devient plus prononcé encore par le frottement du doigt, ou par l'application de l'eau froide, de l'eau salée, de l'alcool. De même que, dans l'inflammation de la cornée transparente ou de la conjonctive, l'instillation de la teinture d'opium détermine souvent une constriction instantanée des vaisseaux capillaires distendus, de même on observe ce phénomène, à l'aide du microscope, pendant l'action des stimulans mécaniques, chimiques et galvaniques, et l'on voit les capillaires se distendre ensuite de nouveau (1). Thomson, dans plus de cent expériences sur la membrane natatoire des Grenouilles, a vu les capillaires se contracter dans l'espace de deux minutes après l'application de l'ammoniaque, et il n'y eut que trois cas dans lesquels l'expérience ne réussit point: la contraction s'étendait de chaque côté à une certaine distance du point irrité, et on pouvait la reproduire trois à quatre fois dans l'espace d'un quart d'heure (2). Hastings (3) a fait des observations analogues. Enfin, certains liquides irritans, injectés dans les artères d'un animal vivant, déterminent peu à peu la constriction des vaisseaux capillaires. Mais tous ces phénomènes n'indiquent pas qu'ils possèdent une force motrice propre : ils ne tiennent qu'à des changemens de cohésion, dont les uns sont l'effet immédiat de la température et de circonstances chimiques, tandis que les autres dépendent d'un changement survenu dans le rapport des organes avec la marche du sang.

(1) Wedemeyer, *Untersuchungen*, p. 325.
(2) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. I, p. 443.
(3) *Ibid.*, t. VI, p. 228.

II. Les capillaires eux-mêmes n'exercent aucune influence sur la marche du sang. Tant que ce liquide coule dans leur intérieur, ils demeurent complétement immobiles, et lorsqu'ils se contractent, ils ne peuvent qu'intercepter les courans, comme l'a observé Thomson.

3. VEINES.

§ 737. A l'égard des veines,

I. Le sang qui coule dans leur intérieur est moins vivant, et elles-mêmes paraissent ne posséder qu'une faible vitalité. Leurs parois sont plus minces, plus flasques, et pourvues d'infiniment moins de nerfs que celles des artères. Leurs fibres sont éparses, peu prononcées et longitudinales; Magendie prétend (1) qu'elles sont entrelacées les unes avec les autres dans toutes les directions; cette opinion paraît ne pas être mieux fondée que celle de Marx (2), qui, indépendamment des fibres longitudinales, admet encore une couche interne de fibres annulaires; car celles-ci ne sont apparentes que dans la veine cave antérieure des Chevaux et des bêtes bovines. Les veines cèdent davantage et se resserrent moins; souvent elles ne sont pas entièrement pleines de sang; on les trouve même quelquefois vides, sans qu'elles soient contractées, de sorte qu'elles ne donnent point de sang quand on les pique. Cependant la force motrice ne leur est point entièrement étrangère.

1° Suivant Marx (3), elles se resserrent quelquefois à l'air. Bichat les a vues, dans certains cas, se tendre davantage sur divers points de leur étendue. Dans un état général de spasme, elles ne donnent point de sang lorsqu'on les ouvre.

2° Il leur arrive parfois de se fermer après avoir été coupées en travers (4). Ordinairement elles se raccourcissent un peu, ce qui n'arrive plus sur le cadavre.

3° Elles se vident quelquefois, selon Béclard, quand les artères ont été liées.

4° Si on les intercepte entre deux ligatures, et qu'on les

(1) Précis élémentaire, t. II, p. 215.

(2) *Diatribe de structurâ atque vitâ venarum*, p. 15.

(3) *Ibid.*, p. 78.

(4) Œsterreicher, *Lehre vom Kreislaufe*, p. 135.

pique, elles émettent quelquefois leur sang sous la forme de jet. Marx (1) a vu la veine crurale d'un Chien lancer ce liquide à deux pieds de haut; mais, quand elle avait été préalablement irritée par des acides, elle ne le laissait couler qu'en nappe.

5° Dans certains cas on a observé en elles des traces d'irritabilité. Lorsque Verschuir irritait légèrement la veine jugulaire d'un Chien avec le scalpel, elle battait et chassait le sang avec plus de rapidité (2) ; il a vu la même irritation déterminer la contraction d'une des veines iliaques, et non celle de la veine du côté opposé (3). Hastings a remarqué, dans dix cas, que la veine auriculaire des Lapins se contractait sous l'influence irritante du scalpel. La veine jugulaire de Chiens, touchée par Verschuir (4) avec des acides, se resserrait. Hastings a constaté le même effet sur une veine mésentérique et sur la veine jugulaire externe, tandis que la veine cave du même Chien ne donnait aucune trace d'irritabilité; la veine auriculaire d'un Lapin se contracta d'une manière si forte qu'à peine le sang pouvait-il encore couler dans son intérieur (5). Marx (6) a vu la veine jugulaire d'un Chien, sur laquelle le scalpel, l'alcool, le vinaigre et l'acide hydrochlorique étaient demeurés sans action, se réduire à une ligne de diamètre par l'influence de l'acide sulfurique étendu, et la veine cave coupée en travers laisser couler le sang avec plus de promptitude, quand il versait de l'acide sulfurique sur les branches. Après la mort (7), il n'a plus observé aucun effet de la part des acides, comme aussi Hastings (8) a remarqué qu'alors les veines se décoloraient bien, mais qu'elles ne se contractaient point, ainsi qu'il leur arrive de le faire pendant la vie. Une fois Verschuir (9) a vu le contact du doigt chaud dé-

(1) *Loc. cit.*, p. 76.
(2) *Loc. cit.*, p. 82.
(3) *Loc. cit.*, p. 91.
(4) *Loc. cit.*, p. 88.
(5) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. VI, p. 232.
(6) *Loc. cit.*, p. 73.
(7) *Loc. cit.*, p. 81.
(8) *Loc. cit.*, p. 233.
(9) *Loc. cit.*, p. 86.

terminer le resserrement de la veine jugulaire. Suivant les observations de Wedemeyer (1), le galvanisme, loin de faire resserrer les veines, les dilate, au contraire, et ralentit la marche du sang.

II. Les troncs veineux

6° Possèdent une irritabilité fort prononcée. Lancisi et Senac (2) ont ranimé, par la chaleur, par l'insufflation et par des piqures, le mouvement ralenti et même déjà éteint de la veine cave. Suivant Verschuir (3), les troncs veineux des Chiens conservent leur irritabilité pendant un quart d'heure après la cessation de la vie générale, et plus long-temps que le cœur. Haller a vu la veine cave battre plus rapidement lorsqu'il l'irritait avec une épingle ou avec des acides, tandis que la même irritation, portée sur la veine pulmonaire et l'aorte, demeurait sans effet (4). D'après Marx (5), l'acide sulfurique réduit le calibre de la veine cave antérieure de cinq lignes à trois, et celui de la veine cave postérieure de cinq lignes et demie à quatre et demie. Hastings (6) a observé le même phénomène en touchant la veine cave postérieure du Chat avec de l'acide nitrique, et quand il fit agir cet acide sur la veine pulmonaire, toutes les branches entrèrent en mouvement, tandis qu'auparavant la veine entière n'avait donné aucun signe de pulsation. Du reste, Spallanzani (7) a vu, dans un Poulet mort d'hémorrhagie, la veine cave antérieure se réduire au dix-huitième, et la postérieure au neuvième de son diamètre primitif.

7° Les troncs veineux battent au voisinage du cœur (8), qui paraît renfermer la cause de ce mouvement, que ce soit parce que sa diastole vide subitement la partie la plus rapprochée des troncs veineux, et que sa systole favorise sa réplétion,

(1) *Untersuchungen*, p. 242.
(2) *Loc. cit.*, t. II, p. 38.
(3) *Loc. cit.*, p. 83.
(4) *Opera minora*, t. I, p. 147.
(5) *Loc. cit.*, p. 74.
(6) *Loc. cit.*, p. 232.
(7) *Loc. cit.*, p. 346.
(8) Haller, *Opera minora*, t. I, p. 145.

l'accroît même par le reflux du sang (§ 708, 1°), ou parce que l'action des oreillettes entraîne celle des troncs veineux voisins. Si le premier cas a lieu, les troncs veineux et les oreillettes se trouvent toujours dans un état opposé, ce qui avait lieu manifestement dans les observations citées plus haut (§ 722, 9°); si le second cas arrive, les troncs veineux et les oreillettes se remplissent et se vident alternativement (§ 722, 3°), comme le prétendent Œsterreicher (1) et Barkow (2). Beaucoup de physiologistes, par exemple Senac (3), Haller (4). Sœmmerring (5) et Wedemeyer (6), attribuent aux troncs veineux des pulsations propres, attendu que les veines caves chassent encore le sang dans l'oreillette, quand celle-ci a déjà cessé d'agir, ce qui avait déterminé Stenson à lui donner l'épithète de *ultimum moriens :* de même, elles agissent encore après avoir été séparées du cœur, comme l'ont observé Senac (7), Verschuir (8) et Sarlandière (9); quand on les lie, elles se vident dans le cœur, et après qu'on a enlevé la ligature, elles se remplissent de nouveau, ainsi que l'a vu Verschuir (10). Cependant tous ces phénomènes s'expliquent ou par la force absorbante ou par la force compressive du cœur, avec le concours de la plaie, et la pulsation propre des troncs veineux demeure un fait d'autant moins prouvé, qu'on n'a pas remarqué qu'après la ligature de ces vaisseaux, tant du côté du cœur que du côté des capillaires, ou lorsqu'on faisait agir sur eux des irritans, ils ne se bornassent pas uniquement à se rétrécir, mais exécutassent réellement des pulsations.

B. *Causes inhérentes au sang.*

§ 738. D'après les recherches auxquelles nous nous sommes

(1) *Loc. cit.*, p. 133.
(2) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1830, p. 5.
(3) *Loc. cit.*, t. II, p. 37.
(4) *Opera minora*, t. I, p. 175, 223.
(5) *Gefæsslehre*, p. 418.
(6) *Untersuchungen*, p. 20, 188.
(7) *Loc. cit.*, p. 138.
(8) *Loc. cit.*, p. 83.
(9) *Loc. cit.*, p. 17.
(10) *Loc. cit.*, p. 85.

livrés jusqu'ici, la paroi proprement dite de la carrière parcourue par le sang, ou la membrane vasculaire commune, est une condensation ou coagulation de la substance organique, analogue aux tissus épidermoïdes, qui manque en général d'activité vitale et en particulier de force motrice propre. A la périphérie du système, le sang entre en conflit vivant avec le reste de la substance organique, et là il n'est plus entouré que de cette membrane vasculaire, qui, par sa présence, le maintient à l'état d'existence indépendante, sans néanmoins gêner en rien le conflit; les vaisseaux capillaires n'ont donc pas de force motrice propre, qui puisse déterminer le cours du sang. Au contraire, dans le centre du système, où le sang est accumulé en plus grandes masses, ses relations avec l'organisme ne se manifestent que par son courant; la vie extérieure, le mouvement, se déploie ici d'une manière plus puissante, et la carrière que le sang parcourt se développe, par un dépôt de masse musculeuse à la surface de la membrane vasculaire, en un organe doué d'une mobilité énergique, qui, lui-même, à titre d'organe spécial et susceptible de déplacement, est entouré d'une membrane séreuse. C'est ainsi que le cœur détermine le cours du sang par sa force motrice. Mais le cours du sang ne correspond pas toujours aux mouvemens du cœur, et il a lieu même alors que celui-ci manque; par conséquent le cœur n'en est que l'organe, et non la cause essentielle; il fait seulement qu'à un degré supérieur d'organisation le mouvement du sang, qui dépend d'une autre cause, constitue une manifestation particulière de la vie, ou s'accomplit sous la forme d'une fonction spéciale. Maintenant, les artères et les veines pourraient déterminer le cours du sang lorsqu'il ne correspond pas aux mouvemens du cœur, et le produire quand le cœur n'existe point; en effet, elles ne diffèrent de lui que sous le point de vue de la quantité, puisqu'elles sont pourvues de muscles et de nerfs, et douées d'une force motrice vivante. Mais cette force est trop faible pour pouvoir déterminer à elle seule le cours du sang, ni même y contribuer; la plénitude de la vie ne se manifeste qu'aux points opposés du système, à la périphérie comme conflit chimico-dynamique, au centre comme force motrice indépendante; les rayons,

artères et veines, sont des chaînons intermédiaires, pour ainsi dire passifs, dans lesquels les qualités des deux pôles se trouvent réduites à l'indifférence, de sorte que la force motrice va toujours en diminuant à mesure qu'on s'éloigne du cœur, et le conflit vivant, par exemple la sécrétion et l'absorption, à mesure qu'on s'écarte des vaisseaux capillaires. Aux derniers degrés de l'échelle de l'organisation, on reconnaît d'une manière plus positive encore que la propulsion du suc vital ne dépend point d'une force motrice des parois. La circulation partielle dans l'intérieur d'une cellule végétale a lieu sans que celle-ci exécute le moindre mouvement, et sans qu'il y ait de canaux conducteurs; la séve monte dans de simples interstices, les méats intercellulaires, et lorsqu'elle s'élève aussi dans des vaisseaux propres, non seulement on n'aperçoit aucune trace quelconque de mouvement dans ceux-ci, mais encore on ne peut considérer la capillarité comme étant la cause du phénomène, puisque la séve s'élève à peu près de vingt pieds dans un tube adapté à l'extrémité d'un sarment de vigne coupé en travers, tandis que la capillarité n'est qu'une forme de l'adhésion, et qu'elle peut bien attirer un liquide dans un vaisseau capillaire, même l'y faire monter, mais jamais le faire arriver au-delà de ses bords. De même, chez les animaux qui n'ont point de sang, le corps entier s'imbibe du suc vital, qui n'est pas encore distinct des autres humeurs : ce suc paraît donc se mouvoir en vertu d'une force qui lui appartient en propre. Or, comme la cause essentielle de ce mouvement doit être la même aux plus hauts degrés de l'organisation qu'aux plus bas, et qu'en réalité la cause fondamentale du cours du sang ne réside point dans les parois, il nous faut la chercher dans le sang lui-même, à moins qu'elle ne soit contenue d'une manière quelconque dans l'intérieur du système vasculaire. Nous allons examiner cette hypothèse sous le point de vue de sa probabilité (§ 739), après quoi nous peserons les argumens empiriques qui parlent en sa faveur (§ 740).

§ 739. Si le sang se meut de lui-même, ce ne peut être qu'en vertu du rapport mutuel de ses molécules, ou par l'effet d'une force propre à sa masse.

1° Suivant Dœllinger, les globules du sang sont à l'état

d'antagonisme intérieur, d'un côté individuels et indépendans, de l'autre côté parties d'un tout et ne subsistant que par rapport à la masse. Ainsi ils s'attirent et se repoussent, se meuvent et sont mis en mouvement, se séparent du système du sang, et cherchent à se réunir (1). On comprendrait bien mal l'auteur, si l'on croyait voir là autre chose qu'une conception idéale du phénomène de la formation, et si l'on pensait qu'il a voulu peindre ainsi la cause déterminante du mouvement du sang. Si les globules du sang étaient dans un état continuel d'attraction et de répulsion les uns à l'égard des autres, une circulation continue ne pourrait avoir lieu. La simple vue du cours du sang (§§ 688, 2° ; 713, 1°) nous apprend que les globules marchent dans le même sens côte à côte, et à la suite les uns des autres, et qu'ils se comportent avec une indifférence absolue à l'égard les uns des autres. A la vérité, dans certaines circonstances, ils s'attirent et se repoussent, ce qui produit une sorte de fluctuation. Ainsi Haller (2) a vu que, quand du sang s'était accumulé en plus grande quantité dans une artère, il y affluait de toutes les branches; ce liquide se rendait à une branche anévrysmatique, mais ne tardait pas à retourner dans le courant; si du sang était accumulé sur deux points, il se manifestait une *oscillation entre ces deux masses magnétiques*, entre lesquelles les globules semblaient osciller jusqu'à ce qu'ils fussent retenus par l'une d'elles; dans un cas où ils s'étaient épanchés, par la plaie d'une veine, entre les feuillets du mésentère, ils flottèrent de telle sorte que la veine alternativement les absorbait et les laissait ressortir. Spallanzani (3) aussi a remarqué souvent qu'il y avait attraction mutuelle entre les globules. D'après une observation faite par Koch, le sang s'écoulait par la plaie d'une artère de la membrane natatoire d'une Grenouille, s'infléchissait sous un angle aigu, pénétrait dans un vaisseau capillaire voisin, qui était ouvert, et passait ainsi dans la veine (4). Baumgært-

(1) *Denkschriften der Akademie zu Muenchen*, t. VII, p. 225.

(2) *Opera minora*, t. I, p. 127, 239.

(3) *Loc. cit.*, p. 382.

(4) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1827, p. 443.

ner a remarqué également (1) que, dans le nombre des globules du sang qui s'étaient amassés auprès d'une artère de la queue coupée d'un têtard de Grenouille, et au milieu desquels ceux qui venaient après eux entretenaient un certain mouvement, il s'en trouvait un qui se glissa entre les autres, décrivit un petit arc pour aller gagner l'ouverture d'un capillaire voisin, s'insinua dedans, et fut suivi alors d'autres encore, qui rentrèrent ainsi avec lui dans les veines. Lorsqu'une grande masse de sang est stagnante, le liquide se trouve attiré vers elle, et reflue des branches dans les troncs; aussi, en pareil cas, observe-t-on ordinairement le mouvement régulier dans les veines et un mouvement rétrogade dans les artères. Mais cette action des globules les uns sur les autres n'a lieu que quand la force qui les met tous en mouvement cesse d'agir; elle ne peut donc pas opérer le cours du sang.

(Lorsqu'on examine une goutte de sang de Grenouille au microscope, et que les globules sont très-épars, avec ou sans eau, on remarque d'abord l'entrecroisement qui a lieu dans tous les liquides contenant des globules, le lait par exemple, quand on les a mis en mouvement, et qui dépend de causes purement mécaniques. Plus tard, lorsque les globules sont devenus tranquilles, si l'on observe avec beaucoup d'attention, on en voit quelques uns se rapprocher très-lentement jusqu'au point de se toucher. Je n'ai jamais pu voir ce phénomène dans le sang humain, parce qu'il se coagule trop vite, et que l'évaporation s'opère avec trop de rapidité quand la goutte occupe une large surface.) (2)

Mais si la force motrice existe dans le sang en masse, elle peut avoir son siége ou dans une substance motrice, qui serait mêlée avec ce liquide, ou dans la substance du sang lui-même.

2° La première théorie est celle de Rosa, suivant laquelle le sang produit la pulsation des artères; mais, comme ce liquide ne bat point dans les veines, Rosa attribue le phénomène non au sang lui-même, mais à la partie éthérée et élas-

(1) *Beobachtungen ueber die Nerven und das Blut*, p. 108.

(2) Addition de J. Muller.

tique de l'air, qu'il a pulsée dans les poumons (1). C'est là une théorie mystique, c'est-à-dire qui ne repose point sur l'analogie de faits certains, mais sur une force spéciale inconnue et placée en dehors de l'expérience. Nous ne connaissons point de partie éthérée dans l'air, et nous n'avons aucune idée d'alternatives régulières d'expansion et de contraction produites par de l'air mêlé avec un liquide; nous voyons que le sang coule même sans pulsation, et que l'artère pulmonaire bat avant que son sang soit arrivé dans les poumons; enfin nous pouvons bien, par la respiration artificielle, amener de l'air au sang pulmonaire, mais non entretenir le cours du sang d'une manière durable.

3° Il faut donc qu'une force motrice propre appartienne au sang lui même, et ici nos regards se portent d'abord sur les globules. Mais nous ne pouvons pas nous contenter d'admettre dans les globules un instinct spécial qui les pousse en avant et sans lequel la force du cœur produirait peu d'effet (2); car si l'on entendait dire par là que le sang marche parce qu'il est dans sa nature de marcher, ce serait de fait renoncer à toute explication.

4° Les globules du sang nous apparaissent comme élémens organiques. Autenrieth dit, en parlant d'eux (3), que ce sont des parties molles, et par conséquent susceptibles d'un mouvement vital. Mais la possibilité ne donne point encore la réalité; autrement les nerfs devraient aussi se mouvoir. Gruithuisen (4) croit prouver la nature animale et la force motrice de ces corpuscules par la contraction que leur fait éprouver le stimulus de l'eau. Mais l'irritabilité animale se manifeste par la propriété dont jouit une partie de se déplacer sous l'influence d'une cause excitante, et de revenir ensuite à ses premières conditions; or, en changeant de forme, de cohésion et d'étendue, par leur immersion dans l'eau, les globules du sang perdent leur existence. C'est donc là un effet purement chimique, semblable au changement que toute substance

(1) *Giornale per servire alla storia della medicina*, t. I, p. 149, 189.

(2) Dœllinger, *Was ist Absonderung?* p. 49.

(3) *Handbuch der Physiologie*, t. I, p. 149.

(4) *Beitræge zur Physiognosie*, p. 93.

éprouve par le fait de sa dissolution dans un menstrue quelconque.

5° Les globules du sang ont de l'analogie avec des êtres organiques. De ce qu'ils conservent leur détermination et leur individualité, Dœllinger (1) conclut qu'ils jouissent d'une vie analogue à celle des Infusoires. Mais il s'agit là d'une analogie, plutôt que d'une identité. Les globules du sang ne peuvent point maintenir leur individualité à la manière des êtres organiques, et tout en eux prouve qu'ils dépendent de la vie de l'organisme. Ils se confondent ensemble dès que le cœur cesse de battre et que le sang s'arrête. Ils ne se montrent que comme des masses sans vie lorsque le sang vient à être soustrait à la sphère d'action de l'organisme vivant. Ils nous apparaissent comme des parties organiques qui, de même que toutes les autres, affectent une forme spéciale. Mais, ce qui fait qu'ils sont complétement délimités, c'est qu'ils ne tiennent à l'organisme que par le milieu liquide dans lequel ils nagent. Si le lien qui les attache au tout est un liquide, et non un solide, tout ce qu'on peut conclure de là c'est qu'ils sont celles des parties organiques dans lesquelles la mobilité est parvenue au plus haut degré. Puisqu'il existe aussi des organismes fixés, enracinés, nous serions également fondés, si nous voulions juger d'après les circonstances de configuration, à regarder toutes les parties organiques, le moindre poil même, comme des êtres organiques spéciaux, ce que l'on s'est effectivement permis, en sacrifiant le caractère sérieux de la science aux jeux frivoles de l'imagination.

6° Mayer (2) dit que les globules de sang sont des animaux primaires, doués d'une vie automatique, de la force motrice, des sens et de la faculté de se métamorphoser. En effet, quiconque attribue un mouvement propre au sang doit arriver à de pareilles idées, parce qu'il n'y a point, dans la nature entière, de mouvement primordial spontané, indépendant d'une impulsion, si ce n'est celui que détermine l'âme. Quand on remarque dans un corps des mouvemens dont la cause mé-

(1) *Denkschriften*, t. VII, p. 186.
(2) *Supplemente zur Lehre vom Kreislaufe*, p. 76.

canique est inconnue, le vulgaire est tenté de croire ce corps vivant, c'est-à-dire animé, et c'est parce que le mercure possède la propriété de couler qu'il a été appelé vif argent. Il était donc possible aussi qu'à un premier aperçu de la circulation on mît les globules au nombre des êtres vivans, et qu'on crût voir dans les courans du sang auxquels la putréfaction donne lieu (§ 638, 2°), un réveil de la vie, même un génie accusateur du meurtrier inconnu. La doctrine mystique de la vie propre des globules signale un pas rétrograde fait vers ces croyances populaires; car elle est mystique en ce qu'elle déclare les globules aptes à se mouvoir d'eux-mêmes, et par conséquent animaux, quoiqu'on n'aperçoive en eux aucun signe de vie animale. En effet, on ne connaît point d'animal qui coure sans s'arrêter jusqu'à ce qu'il périsse, et qui, sans mouvement individuel, sans volonté à lui appartenante, fournisse incessamment la même carrière en harmonie parfaite avec ses semblables. Nous voyons le cours du sang changer de direction suivant que les besoins de la vie varient, affluer tantôt vers la matrice, pour nourrir l'embryon (§ 346, 1°), tantôt vers les seins pour alimenter le nouveau-né (§ 521), se détourner du placenta, après la naissance, pour aller gagner les poumons (§ 508), prendre la voie des organes génitaux à l'époque de la puberté, en un mot, se diriger partout vers les organes qui sont arrivés au moment de se développer : si de tels mouvemens, calculés dans le but de l'organisme, étaient opérés par des milliards d'animalcules, nous devrions concéder à ces êtres une sagesse et un désintéressement sans exemple sur la terre. Cependant ces prétendus animalcules ne sont pas non plus sans caprices; car lorsqu'on les fait passer immédiatement des veines d'un animal bien portant dans celles d'un autre animal de la même espèce dont une hémorrhagie épuisante a dissipé tout le sang, et dont le cœur a déjà perdu son irritabilité, ils cessent absolument de marcher. Au reste, suivant Mayer (1), les granulations du suc végétal appartiendraient à la même classe d'animalcules élémentaires (Biosphères, Stœchiozoaires), et constitueraient

(1) *Loc. cit.*, p. 48.

ce qu'il y a réellement de vivant dans la plante ; mais leurs courans seraient maintenus par la force vitale, ce qu'il n'est pas facile de comprendre à moins qu'on n'entende par force vitale quelque chose qui se rapprocherait de l'esprit d'ensemble sur lequel repose la politique.

7° Mais si le témoignage des sens doit être compté pour quelque chose dans l'appréciation d'un phénomène aussi susceptible d'agir sur les sens que la circulation, nous sommes obligés de reconnaître que les globules marchent et sont entraînés par le courant (§ 688, 2°, 713, 1°), tout aussi bien que les bulles d'air mêlées accidentellement avec le sang (§ 715, 2°), que le cyanure de potassium (§ 716, 2°) ou tout autre liquide étranger qu'on introduit dans les vaisseaux. Ainsi donc, si le sang a une force motrice propre, elle ne peut résider que dans sa sérosité. C'est ce que Schmidt (1) semble admettre ; suivant lui, le sang ne se meut, par sa force propre, que comme masse, les globules ne marchent que parce que le tout se meut, et ils ne changent pas de situation les uns à l'égard des autres. Mais il est sans exemple qu'un liquide se meuve par sa propre force, indépendamment de l'affinité adhésive de la pression et de la pesanteur. On ne peut admettre une telle hypothèse que dans une théorie mystique.

§ 740. S'il ne nous est pas donné de concevoir une force motrice indépendante, peut-être néanmoins avons-nous omis de prendre en considération quelque circonstance essentielle, et nos doutes sont-ils écartés par la réalité. Nous devons donc examiner si les phénomènes qu'on invoque à l'appui de cette force ne se prêtent point à un autre mode d'explication.

I. Aristote attribuait la coagulation du sang à ses fibres qui, suivant lui, étaient susceptibles de contraction et d'expansion, à l'instar des fibres musculaires (2). Parmi les modernes, Hunter a également considéré ce phénomène comme un effet musculaire et une manifestation de vitalité du sang. Tourdes et Circaud prétendaient avoir déterminé, à l'aide du galvanisme, des mouvemens dans la fibrine coagulée (3) ; mais l'expérience

(1) *Ueber die Blutkœrner*, p. 43.
(2) Haller, *Elem. physiolog.*, t. II, p. 69.
(3) Bulletin de la Soc. philomat., n° 71, p. 179.

a échoué entre les mains d'autres observateurs. D'un autre côté, Heidmann, en examinant, soit au microscope, soit même à l'œil nu, le tissu réticulé qu'une goutte de sang formait en se coagulant, l'a vu pendant dix minutes exécuter des mouvemens continuels, qui avaient la plus grande analogie avec de faibles contractions et dilatations de fibres musculaires, et que l'application du galvanisme faisait reparaître, durant deux minutes encore au bord de la goutte (1). Treviranus (2) et Gruithuisen (3) ont observé aussi ces mouvemens frémissans, dont le galvanisme accroissait l'intensité; si l'animal dont Treviranus examinait le sang, avait été affaibli par une hémorrhagie ou par la section de la moelle épinière, les mouvemens étaient faibles ou nuls. Mais ce sont là des phénomènes rares, que Schrœder (4) a même relégués parmi les illusions d'optique. En admettant toutefois qu'ils soient réels, on ne peut point les considérer comme des manifestations de la vie, puisqu'ils ne surviennent que pendant la coagulation; or le changement de cohésion qui s'opère alors, et qui est inséparable de l'extinction de la vie du sang, ne saurait s'effectuer sans mouvemens. De plus, ces phénomènes n'appartiennent pas exclusivement au sang; on les retrouve aussi, d'après Schrœder (5) dans le sérum étendu et bouilli, et suivant Treviranus dans le liquide même de l'ovaire, mais surtout dans la liqueur séminale des Grenouilles.

II. On a attaché plus d'importance encore au mouvement que le microscope fait apercevoir dans le sang récemment tiré des vaisseaux (§ 687, 2°). Tantôt il se produit çà ou là un tourbillon d'où s'épanche un courant de globules, tantôt ceux-ci sont tous sans exception agités d'un mouvement tournoyant (6), et se meuvent rapidement les uns parmi les autres, comme des Fourmis qu'on a troublées dans leur four-

(1) Reil, *Archiv*, t. VI, p. 425.
(2) *Biologie*, t. IV, p. 557, 655.
(3) *Beitræge zur Physiognosie*, p. 89.
(4) *Diss. sistens sanguinis coagulantis historiam*, p. 59.
(5) *Loc. cit.*, p. 70.
(6) Treviranus, *Biologie*, t. IV, p. 655.

milière (1). Si alors on découvre des cylindres flexueux ou une scintillation illimitée, c'est l'effet d'une illusion d'optique ; mais le grouillement est réel, car on le voit au soleil comme à la lumière diffuse, et il cesse avant qu'une minute se soit écoulée, non seulement, comme le dit Treviranus, dans le sang qui alors commence à se coaguler, mais encore dans le caillot, dont la cohésion ne change plus ensuite que par le fait de l'évaporation. Cependant nous ne pouvons pas le considérer comme une manifestation de vie propre, car :

1° On ne le voit jamais dans l'intérieur du corps ; il ne s'observe qu'au dehors du corps, lorsque les globules sont exposés à l'air, et en train de se décomposer. Il ne dure jamais au-delà d'une minute ; mais on le voit se manifester à toute époque où l'on détache une goutte de cruor du reste de la masse, pour l'examiner au microscope : c'est ainsi que Schrœder (2) le remarqua dans une goutte de sang qu'il avait extraite de la veine cave une demi-heure après la mort ; dans du cruor obtenu en exprimant le caillot formé depuis neuf heures, j'ai vu les globules du bord de la goutte immobiles, tandis que ceux du milieu montaient et descendaient avec la même vivacité qu'à l'ordinaire, et se croisaient en tous sens, ce qui continua jusqu'au moment où la goutte commença à s'épaissir.

2° Le grouillement n'a point le caractère de mouvement volontaire. Des Infusoires se reposent, puis tout à coup se remuent, nagent rapidement, puis se ralentissent, vont tantôt d'un côté et tantôt d'un autre, en un mot se comportent diversement au milieu de circonstances identiques ; chaque individu diffère des autres à une époque donnée, et de lui-même à des époques diverses. Au contraire, le mouvement des globules du sang est entièrement uniforme ; on pourrait le comparer au bouillonnement d'un liquide, dans lequel les parties échauffées montent, descendent, et forment des courans entremêlés. Il a beaucoup moins d'analogie avec le mouvement volontaire d'un animal que le mouvement péristaltique du

(1) Gruithuisen, *loc. cit.*, p. 88.
(2) *Loc. cit.*, p. 59.

canal intestinal, qu'un fou seul pourrait considérer comme un animal à part.

3° On aperçoit des mouvemens analogues dans d'autres liquides organiques auxquels nous ne pouvons attribuer ni vie propre ni mouvement spontané. Bauer et Faraday ont vu les grumeaux d'albumine qui s'étaient produits au milieu du sérum conservé dans un tube de verre, depuis quarante-huit heures jusqu'à huit jours, monter en ligne droite dans le milieu du tube, se répandre de tous côtés à une demi-ligne de la surface, puis descendre immédiatement le long des parois, et, parvenus près du fond, se relever avec un renouvellement de rapidité (1). Gruithuisen (2) a découvert, dans le jaune d'un œuf de Poule couvé, des globules de grandeur très-diverse, en partie aussi de forme mal délimitée, qui exécutaient des mouvemens lents, mais continus. Schultze (3) a observé ce même mouvement tournoyant dans les globules du lait et des nerfs, ainsi que dans les grumeaux du mucus et du pigment.

4° Enfin on les rencontre aussi dans des substances inorganiques et privées de vie. Robert Brown a prouvé que les particules de tout corps solide quelconque, dont les plus petites paraissaient être sphériques et avoir un vingt-millième de pouce de diamètre, exécutaient, lorsqu'elles nageaient dans un liquide, des mouvemens qui, par leur irrégularité, avaient de l'analogie avec ceux des animalcules infusoires, et il a prétendu que ces molécules, sans être animées, sont cependant actives, que leurs mouvemens ne dépendent ni de l'impulsion, ni de l'évaporation, d'un dégagement de gaz, de la pesanteur, de l'attraction ou de la répulsion. Ces mouvemens sont incontestables; mais, quant à ce qui concerne leur cause, l'explication qu'en donne Robert Brown paraît être insoutenable, par les motifs suivans (5°-7°):

5° La cause déterminante d'un mouvement quelconque se trouve ou dans l'intérieur ou au dehors du corps qui se meut. La matière est une existence extérieure; elle a des forces motrices, mais elle ne les met en jeu que dans certaines

(1) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. V, p. 380.
(2) *Loc. cit.*, p. 168.
(3) *Loc. cit.*, p. 27.

conditions, qui se rapportent aux relations d'espace et aux antagonismes extérieurs ; l'âme seule est un intérieur constamment actif, et il n'y a que le corps animé qui trouve des causes de mouvement en lui-même, indépendamment de toute circonstance mécanique du dehors, c'est-à-dire qui se meuve d'une manière spontanée.

Ainsi les molécules en question doivent être animées, ou bien elles ne se meuvent qu'en vertu de lois mécaniques, et non par une force qui leur appartienne en propre.

6° Si elles sont animées, nous trouvons âme et vie dans les parties élémentaires des corps inorganiques dépourvus de vie et inanimés, et nous pouvons nous figurer que, dans un autre mode d'association, elles forment des corps animés et vivans. Mais nous avons déjà reconnu qu'un assemblage de pareilles molécules ne saurait produire aucun organisme vivant (§ 312), que ce qui rend vivant ne consiste pas dans une pluralité de parcelles, mais repose sur le principe de l'unité du multiple (§ 262, 365, 7°; 358, 5°) et sur l'infini (§ 367, 4°; 476, 643). Il y a sans doute une vie générale ; mais celui qui la cherche dans une réunion de molécules, et non dans l'intuition idéale, ne la trouvera jamais et n'arrivera point à se former une idée conforme à la nature de la vie individuelle considérée comme forme spéciale de l'existence.

7° Mais, en supposant que nous veuillons bien croire qu'un rocher résulte de molécules vivantes, dont l'agrégation produit une masse privée de vie, et qui, après des milliers d'années se séparent les unes des autres, pour déployer enfin des mouvemens de vitalité, il nous est pourtant impossible d'accorder la vie aux particules visibles, et nous ne pourrions l'attribuer qu'à leurs élémens chimiques ; car les mouvemens dont il s'agit se montrent, d'après Robert Brown, non seulement dans la silice en poudre, mais encore dans le verre de vitre, non seulement dans la plus petite fibrille organique, mais encore dans le charbon obtenu des corps organisés par la combustion. Or, ce ne sont là que des produits de l'art, c'est-à-dire des corps qui doivent leur existence au hasard et à notre volonté, comme l'a fort bien dit Schultze (1).

(1) *Loc. cit.*, p. 24.

En effet, nous réduisons un corps, par la pulvérisation, en molécules arrondies, que nous pouvons rendre plus ou moins ténues, suivant que nous les pilons ou broyons plus ou moins, mais qui constamment se meuvent de la même manière; si elles existaient déjà réellement dans le corps non divisé, il faudrait ou qu'elles adhérassent immédiatement les unes aux autres, ou qu'elles fussent unies ensemble par une autre substance; dans le premier cas, elles devraient, à grosseur égale, laisser aussi entre elles des interstices égaux, et donner la même porosité à tous les corps, ce qui n'est point; dans le second cas, la substance qui les unirait devrait être visible, et on ne la découvre pas. Toute doctrine atomistique n'est qu'un produit de l'imagination tendant à représenter sous une forme sensible les rapports de quantité qui existent entre les forces; dès que l'on prétend transformer cette béquille en une baguette magique qui dévoile les secrets de la nature, on ne peut que se faire illusion à soi-même et tromper les autres par des tours de force comparables à ceux d'un jongleur.

Schultze (1) a prouvé que les courans dont il s'agit doivent naissance à l'évaporation, à l'inégalité du mouillage, de l'absorption et de la dissolution, à l'attraction du solide et du liquide. Mais, en supposant que nous n'en puissions pas, dans certains cas, découvrir la véritable cause, nous n'en devons pas moins admettre qu'ils ne dépendent point d'une force vivante intérieure, et qu'ils se rattachent à quelque disposition mécanique extérieure.

8° Pour appliquer maintenant ces principes au grouillement des globules du sang, la pesanteur, que L.-C. Treviranus (2) dit en être la cause, ou le mouvement provenant de la force impulsive du cœur, auquel Muller (3) veut qu'on attribue un rôle dans sa production, peut y contribuer quelquefois, quoique le mouvement se remarque aussi dans le cruor reposant sur un plan parfaitement horizontal et soustrait déjà

(1) *Loc. cit.*, p. 15-29, 27.

(2) *Zeitschrift fuer Physiologie*, t. I, p. 162.

(3) *Isis*, 1824, p. 277.

depuis long-temps à l'influence du cœur. Mais ce qui y prend plus constamment part, c'est le changement de cohésion qui a lieu pendant la coagulation et l'évaporation, et auquel s'associent probablement aussi des phénomènes d'électricité. La chaleur exerce également de l'influence; dans certains cas où l'on n'aperçoit aucun mouvement, il s'en manifeste un dès qu'on fait tomber un rayon du soleil sur le sang. Haller (1) avait déjà observé quelque chose de semblable, puisqu'il a vu que les globules du sang, agglomérés sur un point, se séparaient les uns des autres à l'approche de la flamme d'une bougie, s'éparpillaient et s'éloignaient du point échauffé. Dans les expériences précitées de Bauer et Faraday (3°), la chaleur de la main servant à tenir l'extrémité inférieure du cylindre de verre, était la cause du mouvement; les grumeaux échauffés d'albumine montaient dans le sérum, se refroidissaient et retombaient. Mais il suffit déjà de l'inégalité de la chaleur dans un tube de verre placé perpendiculairement, à la température ordinaire, pour produire un mouvement circulatoire; Lebaillif et Dutrochet (*) s'en sont convaincus en ajoutant une poudre légère ou quelques gouttes de lait à l'eau du tube, puisque ces substances montaient du côté le plus échauffé, et descendaient du côté opposé, circulant ainsi, pendant la journée, avec une force correspondante au degré de la lumière et de la chaleur, tandis qu'elles cessaient de se mouvoir la nuit, et quand on couvrait le tube d'un corps opaque. Peut-être la marche des sucs, dans les plantes, dépend-elle d'une cause analogue.

C'est aussi à l'inégalité de la chaleur qu'il faut s'en prendre, d'après Treviranus (2), si les particules de cendre ou de résine, répandues à la surface de l'eau, commencent à se mouvoir en cercle quelques secondes après qu'on a tenu le bout du doigt au dessus d'elles. La lumière solaire déploie surtout une efficacité toute spéciale. Zenker (3) l'a vue déterminer un

(1) *Opera minora*, t. I, p. 65.

(*) Mémoires pour servir à l'histoire anatomique et physiologique des végétaux et des animaux, Paris 1837, t. II, p. 566.

(2) *Erscheinungen und Gesetzen*, t. I, p. 239.

(3) *Isis*, 1824, p. 336.

vif mouvement dans tous les liquides tenant en suspension des molécules colorées, et suivant Dutrochet les globules du sang sont mis en vibration par la lumière solaire, de sorte que l'on aperçoit dans un lambeau de mésentère un mouvement d'ondulation et de courant, qui surpasse la circulation en rapidité, tandis qu'aucune parcelle de sang ne s'écoule des vaisseaux dont on a été obligé de pratiquer la section (1).

(Quand on évite les illusions causées par une forte lumière solaire réfractée à travers des parties transparentes, on ne remarque jamais, dans les vaisseaux capillaires, la moindre trace de mouvement spontané ni des molécules du sang, ni du liquide qui les supporte. Depuis bien des années j'ai profité de toutes les occasions qui se sont offertes d'observer la circulation ; je l'ai examinée dans les parties les plus diverses, j'ai fait usage d'instrumens différens, et jamais, quand j'employais la lumière convenable pour bien distinguer tous les globules, je n'ai vu aucun vestige de mouvement indépendant du courant général du sang. On peut se convaincre que les globules se comportent d'une manière parfaitement passive dans le courant général, en comprimant les vaisseaux de la partie qu'on examine, ou le membre entier; tout s'arrête alors subitement, et les globules ne manifestent pas plus qu'en d'autres momens, la moindre trace de changement ou d'attraction réciproque. Mais quand on emploie une lumière solaire intense sur des parties transparentes, l'image perd toute clarté, et les limites disparaissent, à cause du jeu de la lumière; on ne voit plus le courant des globules, mais un tremblotement général, qui souvent ne permet même plus de distinguer la direction du courant. Dans de telles circonstances, en effet, les globules du parenchyme et du sang réfractent la lumière suivant les directions les plus variées. On éprouve la même illusion lorsqu'on fait couler sur l'objectif une liqueur quelconque contenant des globules, par exemple, du lait, ou qu'on agit de même avec de l'eau claire, mais sur un objectif dépoli.

Si un mouvement spontané d'un liquide, ayant lieu dans une

(1) Archives générales, t. XXV, p. 579.

direction déterminée, sans réaction provenant d'attraction ou de répulsion, est une chose incompréhensible, absurde même, j'ai trouvé qu'une partie des faits servant de base à cette hypothèse étaient exacts, mais je n'ai jamais pu en tirer une pareille conclusion. Lorsqu'on fait agir une lumière solaire intense sur une partie coupée et humide, la surface ne tarde pas à se dessécher, à se couvrir de rides, les vaisseaux capillaires se rétrécissent et se vident promptement, et de là vient l'apparence de tremblotement que l'on remarque. Aussi, en observant un lambeau détaché de l'aile d'une Chauve-souris, verra-t-on pendant des heures entières des traces de mouvement dans les vaisseaux capillaires, mais ce tremblotement ne s'apercevra que par places, et là seulement où on laissera une lumière solaire intense exercer une action instantanée. Si l'on met de l'eau sur une partie qui commence ainsi à se dessécher et à se ratatiner, le resserrement cesse, et avec lui le mouvement vibratoire; mais, au bout de quelques instans, il reprend, dès que la surface recommence à se dessécher et à se contracter par l'évaporation. Je m'en suis convaincu pendant des heures entières sur un morceau d'aile de Chauve-souris; le froncement de la surface se voyait à l'œil nu, dès que la lumière directe du soleil tombait sur un point. Pour mettre hors de doute la passiveté de ce phénomène, je laissai l'aile en place pendant un jour et demi; ce laps de temps écoulé je la trouvai non pas tout-à-fait desséchée, à cause de l'huile qui l'enduit naturellement, mais du moins très-ratatinée; on pouvait en toute sûreté la considérer comme morte. Je l'humectai avec de l'eau, et je fis tomber dessus la lumière du soleil; dès que la surface recommença à se couvrir de rides visibles, le microscope me fit aussi revoir de nouveau, dans l'intérieur, le mouvement tremblotant, qui cessa dès que la place fut sèche, et reprit quand je l'eus encore humectée. Je considère donc tous les argumens pris des phénomènes observés sur des parties détachées du corps comme insuffisans pour justifier l'hypothèse d'une force propulsive appartenant en propre au sang.

Quant à ce qui concerne les mouvemens des globules dans le sang qui s'écoule des vaisseaux et se coagule, je n'ai jamais pu les croire spontanés. Un liquide qui était en plein courant,

dont les particules étaient chassées par un réseau de vaisseaux des plus déliés, montre nécessairement encore pendant quelque temps une certaine agitation de ses molécules lorsqu'on en examine des gouttes au microscope. Chaque goutte, qui contient des molécules, et qu'on contemple rapidement après lui avoir imprimé un mouvement purement passif, se comporte à cet égard de la même manière que le sang. S'agit-il du sang des animaux supérieurs et de l'homme, il faut de plus faire entrer en ligne de compte la prompte évaporation qu'entraîne sa haute température. La réunion des globules du sang pendant la coagulation me paraît aussi n'être accompagnée d'aucun mouvement actif et vivant.) (1)

III. On a remarqué d'autres espèces de mouvemens dans le sang, soit lorsqu'il était sorti des vaisseaux et entré en contact immédiat avec la substance animale, soit quand il commençait à devenir stagnant dans l'intérieur de ces mêmes vaisseaux.

9° Haller (2) a vu des globules qui étaient tombés entre les feuillets du mésentère se mouvoir avec rapidité, courir dans le tissu cellulaire du vaisseau dont ils étaient sortis, comme dans des canaux, monter et descendre alternativement (3), aller de la veine d'où ils étaient sortis à l'artère parallèle, remonter le long de ses parois, s'écarter d'elle et redescendre (4), ou enfin monter et descendre de la même manière le long de l'intestin (5). Wedemeyer (6) a observé, sur le mésentère, un mouvement circulaire de ces globules, qui ne pouvait point être déterminé par la pesanteur. Enfin Kaltenbrunner nous apprend que les globules épanchés dans la nageoire caudale de Poissons, après la cessation du cours du sang, se remettent en mouvement au bout de quelque temps, se détachent et se réunissent en amas arrondis, qui deviennent oblongs, forment de petits courans et prennent la direction des veines, mais que d'autres aussi pénètrent dans de

(1) Addition de J. Muller.
(2) *Opera minora*, t. I, p. 119.
(3) *Ibid.*, p. 121.
(4) *Ibid.*, p. 120.
(5) *Ibid.*, p. 238.
(6) *Untersuchungen*, p. 345.

plus gros vaisseaux, après quoi le mouvement cesse peu à peu (1). A part la dernière observation, qui a besoin d'être confirmée, ces phénomène sont faciles à expliquer par la force impulsive et la force aspirante ; les globules repoussés de leur courant doivent parcourir encore une certaine distance, et retourner sur leurs pas quand ils rencontrent un obstacle en chemin ; la pression qui a lieu entre les feuillets du mésentère peut ne point être la même sur tous les points; mais il est possible surtout que des parties organiques, des amas ou des courans de globules exercent une force attractive.

10° Quand le battement du cœur avait cessé, Haller (2) voyait les vaisseaux rester immobiles, mais les globules avancer et reculer dans leur intérieur, puis finir par les abandonner entièrement. Nous ne trouvons là que les phénomènes mécaniques de la cessation graduelle d'un courant; ce courant, lorsque sa force diminue, rencontre des obstacles et devient fluctuant (§ 714, 7° — 11°), jusqu'à ce que la pression des parois le pousse vers l'endroit où il trouve le moins de résistance : Mayer (3) a vu, dans les veines du mésentère excisé d'une Grenouille, trois courans, dont deux latéraux, qui flottaient dans la même direction ou en sens inverse, et un mitoyen, dont les globules ne faisaient en grande partie que se rouler ou tourner sur eux-mêmes : ces phénomènes, que personne autre encore n'a observés, lui parurent dépendre d'une tendance du sang à prendre une direction circulaire, tendance dont la réalisation n'était empêchée que parce que le vaisseau se trouvait ouvert aux deux bouts, et il en a conclu (4) que l'instinct qui pousse les globules à exécuter un mouvement circulaire facilite le passage du sang des artères dans les veines. Quand Rosa dit qu'un bout d'artère, long de six pouces, lié aux deux bouts, et détaché du corps, a vibré et battu pendant deux heures dans sa main, et qu'un intestin rempli de sang a également exécuté des pulsations (5), nous devons

(1) Froriep, *Notizen*, t. XVI, p. 309.

(2) *Loc. cit.*, p. 230.

(3) *Loc. cit.*, p. 72.

(4) *Loc. cit.*, p. 76.

(5) *Giornale per servire alla storia della medicina*, t. I, p, 301.

croire qu'aveuglé par ses suppositions, il a mal observé; car nul autre physiologiste n'a jamais rien vu de semblable.

IV. Tous les mouvemens dont il vient d'être question n'ont lieu que quand la circulation s'éteint, ou quand le sang, placé en dehors du cercle de la vie, perd le caractère qu'il revêtait dans l'intérieur de cette sphère, et commence à se décomposer. C'est là une des raisons qui nous empêchent de voir en eux des signes de vie. Cependant on aperçoit aussi, dans le corps vivant, des mouvement du sang qui ne proviennent point du cœur. Dœllinger (1) a vu souvent, chez des embryons de Poissons, quelques globules, séparés de leurs courans, s'insinuer à travers la substance animale, et il a jugé d'après cela qu'ils ont en eux-mêmes la cause de leurs mouvemens. Il a observé que les ramifications doivent naissance à ce qu'un globule se détache du courant, pénètre peu à peu dans le mucus, s'arrête, rétrograde, se reporte en avant, tantôt plus vite, tantôt plus lentement, et se fraie ainsi une nouvelle route, dans laquelle d'autres le suivent bientôt, jusqu'à ce que de là provienne un nouveau petit courant constituant une branche. Mais nous sommes en droit de demander comment les globules du sang produisent les courans réguliers, par exemple ceux des vaisseaux branchiaux et de leur métamorphose (§ 442, 2°), si chacun d'eux n'est déterminé que par une force à lui propre, et par son instinct progressif particulier. La chose paraît réellement inconcevable, et pour ne pas resserrer plus qu'il n'est peut-être nécessaire le cercle des phénomènes à l'intelligence desquels notre esprit est en mesure de s'élever, nous devons chercher à découvrir une autre cause qui détermine la circulation du sang. Or nous espérons la découvrir dans le conflit du sang avec les organes, sujet dont nous allons faire l'examen.

(1) *Was ist Absonderung?* p. 22.

DEUXIÈME SUBDIVISION.

De la vie intérieure du sang.

CHAPITRE PREMIER.

Des rapports du sang avec l'organisme.

§ 741. La question de savoir si le sang vit ou non est surannée, et appartient aux temps où l'on cherchait à faire dériver la vie d'une seule et unique cause. Le sang, en lui-même, et hors de l'organisme, est mort; mais, en tant qu'il fait partie du tout, il est vivant, c'est-à-dire que, d'un côté, il est nécessaire à la vie générale, y concourt, agit d'une manière vivifiante sur les organes, et que, d'un autre côté, il est soumis à l'influence de la vie générale, et reçoit de l'activité propre à chacun des différens organes une détermination telle, qu'il conserve la constitution nécessaire pour remplir cet office, résiste à la coagulation et à la putréfaction, etc.

ARTICLE I.

Des effets du sang sur l'organisme.

La part que le sang prend à la vie générale se manifeste d'abord par les effets qu'il produit sur le reste de l'organisme.

I. Effets qui tiennent à la quantité du sang.

On apprécie les effets du sang sur l'organisme de plusieurs manières, et d'abord par les suites qu'entraîne l'accroissement ou la diminution considérable de sa quantité.

A. *Effets qui tiennent à la quantité du sang en général.*

1. EFFETS DE LA DIMINUTION DU SANG.

I. Examinons d'abord les résultats de sa diminution.

1° Quand la quantité du sang est inférieure à celle qui convient, que ce soit parce que ce liquide se produit en quantité proportionnellement trop petite, ou parce que le sujet a éprouvé une forte hémorrhagie, on remarque la petitesse du

pouls, la pâleur et la flaccidité des parties, un développement moins considérable de chaleur, une nutrition incomplète, des sécrétions rares ou aqueuses, l'affaiblissement des sens, la faiblesse musculaire et la difficulté ou la lenteur des mouvemens.

2° Si la perte de sang a été plus grande, outre la pâleur et le froid de la peau, la fréquence et parfois l'intermittence des battemens du cœur, on voit survenir l'accablement, des vertiges, la perte des sens, l'abolition de la conscience et la syncope; enfin toute manifestation de la vie cesse, souvent à la suite de mouvemens convulsifs. Cet état n'est d'abord qu'une mort apparente, c'est-à-dire une suspension des phénomènes de la vie par absence de sa condition extérieure. On peut le faire cesser en remplissant les vaisseaux avec le sang d'un individu vivant. Mais si cette réplétion n'a pas lieu promptement, l'activité vitale s'éteint, et nulle infusion de sang étranger ne peut plus la ranimer. Comme l'effet varie beaucoup suivant les circonstances, on ne saurait fixer d'une manière générale quelle est la quantité de sang absolument nécessaire pour entretenir la vie. D'après les observations de Rosa, la mort apparente eut lieu, chez de jeunes Veaux, après qu'il leur eut soustrait trois à six livres de sang, c'est-à-dire depuis un trente-deuxième jusqu'à un vingtième du poids de leur corps; chez des Veaux plus âgés, après la soustraction de douze à seize livres de sang, ou d'un douzième à un neuvième du poids de leur corps; chez un Agneau, après une perte de vingt-huit onces, équivalant au vingt-huitième de son poids total; chez un Mouton, après celle de soixante et une once, ou d'un vingt-troisième du poids de son corps (1). D'après celles de Hales, elle se manifesta, chez un Cheval, après une soustraction de trente-trois livres de sang, ou d'un vingt-cinquième du poids total. Selon Blundell (2), il a suffi, chez certains Chiens, de leur enlever neuf onces de sang, ou un trentième du poids de leur corps, tandis que d'autres n'ont succombé qu'à une perte d'une livre ou d'un dixième du poids

(1) Scheel, *Die Transfusion des Blutes*, t. II, p. 133.
(2) *Pathological and physiological researches*, p. 66, 94, 99.

total. Suivant Piorry, on peut soustraire aux Chiens un vingt-cinquième du poids de leur corps, en sang, sans que la mort arrive, mais elle a lieu si on tire seulement quelques onces de plus (1). Terme moyen, on peut admettre que la mort survient après que l'animal a perdu les trois quarts ou les sept huitièmes de la masse de son sang, quoiqu'elle puisse avoir lieu après une perte d'un quart, même d'un huitième, dans certaines circonstances, notamment par l'effet d'une hémoptysie.

3° Les ruptures et les perforations du cœur tuent ordinairement l'homme en peu de minutes, pendant lesquelles la connaissance n'éprouve aucune atteinte. Dans certaines circonstances favorables, la vie peut se prolonger davantage. Ferrus a publié l'observation d'un homme qui s'enfonça un stylet de fer entre les cinquième et sixième côtes gauches ; l'instrument traversa le ventricule gauche et la cloison interventriculaire, et se brisa ; la plaie fut bouchée par le bout qui y resta engagé et par des caillots de sang ; le blessé survécut vingt jours. Il se plaignit seulement dans les dernières semaines d'un malaise indéfinissable, d'une grande faiblesse et d'un défaut absolu de sommeil et d'appétit. Quand la blessure n'est point pénétrante, ou fort étendue, elle peut même guérir, car on a plusieurs fois découvert, sur le cœur, des traces de cicatrices anciennes (2) ; on a trouvé dans son intérieur des balles, des épingles ou autres corps étrangers.

Legallois (3), ayant enlevé le cœur à des Lapins, vit le sentiment et les mouvemens respiratoires persister à la tête pendant une minute environ (*). Les rapports du cœur avec l'organisme sont plus faciles encore à saisir chez les Batraciens, où il y a moins d'unité entre les diverses directions de la vie, ce qui donne à cette dernière une plus grande ténacité.

(1) Froriep, *Notizen*, t. XIII, p. 189.

(2) Otto, *Lehrbuch der pathologischen Anatomie*, t. I, p. 285.

(3) Œuvres, t. I, p. 366.

(*) Bouillaud (Malad. du cœur, t. I, p. 130) a vu un coq s'agiter et donner d'incontestables signes de vie durant quelques instans après l'excision du cœur.

D'après les expériences de Haller (1) et de Spallanzani (2), des Grenouilles et des Salamandres auxquelles le cœur a été enlevé, conservent leur vivacité, voient, ferment l'œil quand on y touche, sautent, etc., mais périssent le lendemain. Lorsqu'au contraire on leur enlève le cerveau, elles vivent encore trois à cinq jours, mais les fonctions animales sont affaiblies ou tout-à-fait supprimées.

4° Dans les maladies du cœur, outre les effets immédiats du trouble de la circulation, on observe, comme symptômes ordinaires, d'un côté, la pâleur du visage, la leucophlegmatie et l'hydropisie, de l'autre, la mélancolie, des spasmes et autres accidens annonçant le trouble de la sensibilité.

5° Lorsque toutes les artères qui amènent le sang à une partie ont été liées, cette partie meurt; si l'on se contente de lier l'artère principale, il survient froid, pâleur, diminution du sentiment et du mouvement, et tuméfaction œdémateuse ; mais ces accidens sont passagers, car les anastomoses ne tardent pas à amener la quantité de sang nécessaire. L'effet n'est nulle part plus sensible qu'au cerveau ; l'obturation des carotides détermine un peu de stupeur, des vertiges et des symptômes d'apoplexie (3). Une Brebis, à laquelle Ebel (4) avait lié ces deux artères, perdit la vue, l'ouïe et le mouvement volontaire, se ranima un peu au bout de quelques minutes, tout en conservant de l'accablement et des vertiges; mais, cinq quarts d'heure après, elle avait recouvré le libre exercice de ses sens et de ses membres. Une ossification des artérioles, notamment aux membres inférieurs, est souvent suivie de la gangrène : en niant ce fait, Corvisart et Laennec ne se fondent que sur les résultats de l'ossification des branches d'un certain calibre.

2. EFFETS DE L'AUGMENTATION DU SANG.

II. Lorsque la quantité du sang dans le corps entier, outrepasse les proportions normales,

(1) *Opera minora*, t. I, p. 116.
(2) *Loc. cit.*, p. 342.
(3) Burdach, *Vom Baue des Gehirns*, t. III, p. 113.
(4) *Diss. de natura medicatrice*, p. 44.

6° Il en résulte d'abord une excitation générale, qui entraîne l'accroissement de la force des battemens du cœur, de la plénitude, de la grandeur et de la fréquence du pouls, de la fréquence de la respiration, du volume du corps, de la rougeur des tégumens, du développement de la chaleur et de la transpiration. Mais, quand la pléthore dure long-temps, ou qu'elle est portée à un plus haut degré, elle occasione l'irrégularité des battemens du cœur, l'oppression ou la lenteur du pouls, la difficulté de respirer, l'anxiété, le vertige et un sentiment de faiblesse.

7° Les effets d'un afflux trop considérable du sang vers certains organes se manifestent surtout au cerveau, à l'œil et à l'oreille, parce que là l'état intérieur auquel sont ainsi amenés les organes s'annonce davantage dans les fonctions animales.

Sous le rapport du cerveau, nous distinguons quatre degrés (1). Un médiocre accroissement de l'afflux du sang, qui ne porte aucune atteinte à l'action du viscère, produit une tension plus considérable, un excitement plus vif, un accroissement de l'activité de l'âme, une facilité plus grande à passer d'une idée à l'autre ou à lier les idées ensemble, une exaltation du sentiment intérieur, une propension aux affections énergiques. Si l'afflux du sang est plus considérable, en proportion de la force du cerveau, il survient un état de dépression; la tête est lourde et abasourdie, il y a malaise général, impossibilité de s'appliquer à rien, difficulté de suivre le fil des idées et de rassembler ses souvenirs, propension à la taciturnité et à la morosité, ou à l'agitation et à l'anxiété, somnolence et cependant impossibilité de dormir tranquillement; la brusquerie dans les paroles et les mouvemens annonce l'état d'excitement où se trouve le centre du système de la sensibilité. Si l'afflux est plus fort encore, et qu'il y ait en même temps une certaine tension dans les activités cérébrales, l'âme devient étrangère à elle-même, et la confusion se met dans les idées; les sens sont le jouet d'hallucinations, quoique la conscience persiste encore, ou bien il

(1) Burdach, *loc. cit.*, t. III, p. 110-113.

y a perte de la liberté et de la présence d'esprit, ou de la faculté de mettre ses idées en équilibre les unes avec les autres, et l'imagination se livre sans frein à ses capricieux écarts. Enfin, si la pléthore arrive au plus haut degré, que ce soit par sa propre intensité absolue, ou parce que le cerveau a moins de force réactionnaire, l'activité de l'âme en général succombe, et il y a paralysie, qui tantôt ne porte que sur la vie intellectuelle et morale, se manifestant alors par la stupeur et l'hébêtement, tantôt frappe la vie tout entière du cerveau, qui se noie dans le sang ou meurt d'apoplexie.

Ce qui prouve que ces phénomènes ne tiennent pas uniquement à l'afflux actif du sang et à l'ébranlement du cerveau (§ 746, 7°), mais qu'ils dépendent aussi de la quantité de ce liquide qui arrive au viscère, c'est qu'ils se déclarent dans les attitudes qui, donnant plus d'action à la pesanteur du sang, rendent son afflux vers la tête plus facile, et son retour plus difficile. Certaines personnes ont plus d'aptitude à méditer lorsqu'elles se tiennent couchées, et Bricheteau (1) cite un homme qui n'avait de mémoire que quand il s'étendait, la tête très-basse. La céphalalgie et le délire augmentent dans le décubitus horizontal, et il arrive souvent aux attaques d'apoplexie d'être déterminées par l'horizontalité du corps ou par l'action de se baisser.

L'augmentation de l'afflux du sang vers les organes des sens supérieurs commence également par exalter la faculté sensorielle ; on voit mieux dans un demi-jour, on entend les moindres sons, puis la perception devient obtuse, ensuite on éprouve des hallucinations, enfin la surdité ou la cécité se déclare, surtout quand le sang accumulé devient stagnant.

3. EFFETS DES VARIATIONS NORMALES DANS LA QUANTITÉ RELATIVE DU SANG.

III. Si nous comparons enfin les uns avec les autres les différens organes sous le rapport de la quantité de sang qu'ils reçoivent dans l'état normal (§ 759), nous trouvons qu'en général Bichat (2) avait eu raison de dire que la vitalité d'un

(1) Journal complémentaire, t. IV, p. 47.

(2) Recherches sur la vie et la mort, p. 192.

organe est en raison directe du sang qu'il contient. Ceux qui ne reçoivent pas de sang rouge, par exemple, les cartilages et les tendons, ont peu de vitalité, ne sont point affectés par les causes excitantes, et tiennent faiblement à la vie générale, de manière qu'ils participent rarement aux maladies d'autres organes, et que leurs anomalies n'apportent pas de trouble notable dans d'autres fonctions; mais, si l'état inflammatoire vient à y faire affluer du sang rouge, leur vitalité s'exalte d'une manière anormale, et ils entrent en relation plus intime avec la vie générale.

B. *Effets qui tiennent à la quantité du sang dans ses réservoirs.*

§ 742. Divers points de l'économie offrent

I. Des dilatations de veines, dans lesquelles le sang s'amasse quand la circulation vient à être gênée, de manière à ne pouvoir point fatiguer les organes eux-mêmes. Ici se rangent

1° Les sinus du cerveau qui, par leur capacité et leurs connexions mutuelles, fournissent des réservoirs dans lesquels le sang s'accumule en plus grande quantité quand il ne peut pas sortir assez promptement de la cavité crânienne, que ce soit parce que l'accélération du pouls le fait affluer davantage vers la tête, ou parce qu'un obstacle gêne sa marche dans les veines jugulaires. Comme ces sinus tiennent au crâne, et que leur enveloppe est constituée par la dure-mère, ils ne peuvent point, même quand ils s'engorgent, exercer de compression nuisible sur le cerveau.

2° Chez les animaux qui ont la faculté de rester quelque temps sous l'eau, comme les Phoques, les Loutres et les Plongeons, la veine cave postérieure a un diamètre sextuple au moins de celui de l'aorte, ou même forme une poche particulière, de sorte que le sang peut s'y amasser sans inconvénient lorsque l'interruption de la respiration gêne son cours à travers les poumons.

3° Dans la Lamproie, outre les veines caves, qui sont fort amples, il y a encore, suivant Rathke (1), un réservoir mé-

(1) *Bemerkungen ueber den innern Bau der Pricke*, p. 48.

dian, qui s'étend tout le long de la cavité ventrale, reçoit le sang des veines, des reins, des organes génitaux et d'une partie du canal intestinal, et le verse dans les veines caves, par un grand nombre d'ouvertures étroites.

II. Quelques auteurs ont regardé les glandes vasculaires comme des réservoirs de cette espèce, en se fondant et sur la grande quantité de sang qu'elles renferment, et sur l'absence de toute sécrétion correspondante. Mais il est fort peu probable qu'un tel but, qui pourrait être atteint par de simples dilatations de vaisseaux, soit celui d'organes spéciaux, dans lesquels on découvre une texture particulière.

1° Haller (1), Bonhard (2), Schreger (3), Haighton, Moreschi et autres ont prétendu que, dans les intervalles de la digestion, la rate attire à elle et retient une partie du sang destiné à l'estomac et au foie, et qu'elle leur restitue ce liquide, afin d'activer la sécrétion du suc gastrique et de la bile, au moment où les alimens, s'amassant dans l'estomac, viennent à exercer une compression sur elle. Mais, suivant Bichat, l'afflux du sang vers la rate n'augmente pas pendant la vacuité de l'estomac: c'est bien plutôt durant la plénitude de ce dernier organe, comme le fait remarquer Heusinger (4), qu'elle s'engorge de sang, et en général son volume n'est point en raison inverse de la distension de l'estomac. On ne peut point songer à une fluctuation du sang entre la rate et l'estomac, puisque l'afflux du liquide vers ce viscère, par les veines spléniques, mettrait obstacle à l'abord du sang artériel, et que d'ailleurs, ces veines sont munies de valvules bien distinctes dans le Cheval et les bêtes bovines. En outre, la rate n'opérerait, pendant la digestion, qu'un accroissement momentané de la quantité du sang dans le foie; car si elle recevait alors moins de sang, elle enverrait aussi moins de sang veineux à l'organe hépatique, ce qui diminuerait la sécrétion de la bile. Comme une petite quantité d'une substance irritante introduite dans l'estomac vide augmente sur-le-champ la sécrétion du suc

(1) *Elem. physiol.*, t. VI, p. 391, 417.

(2) *Journal der Erfindungen*, cah. II, p. 107.

(3) *De functione placentæ uterinæ*, p. 61.

(4) *Ueber den Bau und die Verrichtungen der Milz*, p. 130.

gastrique, et que la bile s'amasse dans la vésicule pendant l'intervalle des repas, une affluence plus considérable de sang venant de la rate, pendant la digestion, ne serait d'aucun profit pour la sécrétion. Il est difficile que l'estomac plein exprime le sang de la rate : chez les Ruminans, où les sécrétions dont il s'agit sont fort abondantes, la rate ne tient à l'estomac que par des liens assez lâches; enfin l'estomac ne peut pas la comprimer du tout chez les Oiseaux, les Reptiles et les Poissons (1).

D'autres, Rush par exemple, ont admis que la rate est un réservoir dans lequel le sang s'amasse toutes les fois que son mouvement vient à être accéléré, afin qu'il ne puisse pas nuire aux autres organes. Hodgkin (2) la comparait aux tubes de sûreté et aux soupapes de plusieurs appareils mécaniques et chimiques, en disant qu'elle sert à prévenir tout dérangement subit du rapport qui doit exister entre la capacité et le contenu du système vasculaire. Mais, dans les fièvres aiguës, où la circulation éprouve une si grande accélération, la rate n'est point affectée, comme le fait remarquer Heusinger (3). Le phénomène qu'on désigne vulgairement sous le nom d'enflure de la rate, et qui s'observe à la suite de mouvemens violens, ne dépend que de la lenteur du cours du sang, qui appartient en commun à la rate et au foie, de sorte que cette sensation désagréable est encore plus commune dans le foie que dans la rate.

5° Schreger (4) assignait pour usage à la thyroïde de détourner le sang du cerveau et de diminuer son afflux vers cet organe, comme aussi Ackermann attribuait le crétinisme à ce que le rétrécissement des trous du crâne fait qu'il arrive moins de sang au cerveau, d'où résultent d'un côté l'idiotisme et de l'autre le goître. L'expérience ne montre aucune trace d'un antagonisme en vertu duquel tantôt cette glande recevrait plus de sang, pour garantir le cerveau, tantôt s'en débarrasserait, pour faire servir sa texture spéciale à quelque

(1) *Ibid.*, p. 127.
(2) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. VI, p. 468.
(3) *Loc. cit.*, p. 124.
(4) *Fragmenta anatomica*, p. 21.

autre usage ; mais si la quantité de sang qu'elle contient demeure toujours la même, elle ne pourrait qu'au premier moment de sa formation diminuer la quantité du sang affluent au cerveau. Cette objection s'applique également à l'hypothèse de Broussais, qui voulait que la thyroïde détournât une partie du sang du larynx, et le thymus une partie de ce liquide des poumons, afin que ces organes pussent bien se développer, mais non fournir une sécrétion trop abondante (1). En général, nous ne saurions croire que des organes doués d'une substance, d'une organisation et d'une texture spéciales, n'aient pour usage que de détourner le sang d'autres organes à certaines époques.

II. Effets qui tiennent à la qualité du sang.

A. *Effets qui tiennent au sang pur.*

§ 743. Si nous portons nos regards sur les effets qui tiennent à la qualité du sang,

I. Nous trouvons d'abord qu'il n'y a que le sang complet qui puisse entretenir la vie, que nul autre liquide porté dans les veines n'a cette faculté, que par conséquent le sang procure à tous les organes ce qui est nécessaire à la manifestation de leur vie, et qu'en vertu de sa constitution spéciale il est la condition extérieure de leur activité vitale. Chez les animaux qu'on a rendus exsangues, l'eau chaude injectée dans les veines ne ranime point la vie, d'après Prevost et Dumas (2). Rosa dit bien (3) que du lait chaud ranima un Mouton, mais l'effet ne dura qu'un instant. Le sérum chaud lui-même ne rappelle point la vie, selon Dieffenbach (4), ou du moins ne le fait pas d'une manière durable, suivant Rosa (5). Dieffenbach n'a également pu rappeler la vie avec de la fibrine atténuée et délayée dans de l'eau; mais le cruor étendu d'eau agissait de même que le véritable sang. D'après cela, la propriété

(1) Mém. de la Soc. médic. d'Emulat., t. VIII, p. 101.
(2) Dieffenbach, *Die Transfusion des Blutes*, p. 186.
(3) Scheel, *Die Transfusion des Blutes*, t. II, p. 149.
(4) Rust, *Magazin fuer die gesammte Heilkunde*, t. XXX, p. 1.
(5) *Loc. cit.*, p. 150.

d'entretenir l'activité vitale appartiendrait donc spécialement au cruor (*).

II. Il n'y a que le sang artériel, vermeil, qui puisse entretenir la vie; le sang veineux, noir, n'a point la même faculté (1). La vérité de cette proposition est patente, puisque la vie s'éteint quand la respiration cesse, c'est-à-dire lorsque le sang veineux ne se convertit plus en sang artériel et qu'il n'y a par conséquent que du sang veineux dans le système vasculaire entier. La seule question qu'on puisse soulever est celle de savoir d'où part la mort apparente, si le sang veineux ne fait qu'enrayer une seule fonction, dont l'abolition entraîne la mort générale à sa suite, ou s'il étend son action sur toutes les fonctions, et, dans ce dernier cas, quelle est, parmi celles-ci, celle qui souffre le plus et avant toutes les autres. Bichat s'est livré avec succès à la solution de ce problème.

1° Il a vu (2), quand il asphyxiait les animaux avec lenteur, de manière que la circulation continuât encore quelque temps, que les voies biliaires et l'intestin contenaient beaucoup moins de bile qu'à l'ordinaire pendant la digestion, et qu'il ne s'écoulait plus d'urine par les uretères. Or, comme il remarquait en même temps que la transpiration cutanée cessait, et que la cessation de cette fonction rafraîchissante rendait les cadavres des asphyxiés aptes à conserver leur chaleur plus longtemps que d'autres, il conclut de là que le sang veineux pur n'est point apte à entretenir la vie des organes sécrétoires ou à opérer les sécrétions, et il expliqua l'abondance du sang qu'on rencontre dans ces cadavres en disant que l'abolition des sécrétions fait accumuler une plus grande quantité du liquide, et qu'après la mort les lymphatiques prennent aux artères moins de sérum qu'ils ne font quand le sang s'est séparé. A

(*) Comparez les intéressantes recherches de Bischoff (dans Muller, *Archiv fuer Anatomie*, 1835, p. 347) sur les effets comparatifs de l'infusion du sang entier et du sang dépouillé de sa fibrine.

(1) En appelant artériel le sang vermeil, et veineux le sang noir, on n'a égard qu'au contenu des systèmes de l'aorte et des veines caves, et on laisse de côté celui des vaisseaux pulmonaires, où l'inverse précisément a lieu. C'est un vice de locution qu'il faut ne point perdre de vue.

(2) Recherches sur la vie et la mort, p. 280.

la vérité, c'est le sang veineux qui fournit les matériaux de la bile chez tous les animaux vertébrés, et de l'urine chez les Reptiles et les Poissons ; mais le sang qui produit ces humeurs n'est pas purement veineux, car le sang artériel qui se porte au foie et aux reins concourt aussi à la sécrétion.

Cependant la mort par asphyxie a lieu trop rapidement pour qu'on puisse l'attribuer à la cessation des sécrétions.

2° Goodwyn admettait, en conséquence, qu'elle part du cœur gauche, celui-ci n'étant point sollicité à se contracter par le sang veineux qui parvient dans ses cavités (§ 717, 6°). Mais Bichat (1) objecta, contre cette théorie, que, si elle était fondée, le cœur gauche devrait, après la mort par asphyxie, contenir du sang accumulé, ce qui n'est pas. Ses expériences lui apprirent que, chez les animaux qu'on asphyxie, le sang veineux marche encore pendant quelque temps avec force dans le système aortique, et que, quand on injecte du sang veineux dans le cœur gauche, les mouvemens de l'organe ne sont pas sensiblement affaiblis, qu'ils se raniment même, si déjà ils avaient cessé. D'après cela, il admit que le cœur n'est paralysé que plus tard, lorsque les artères cardiaques ont fait pénétrer du sang veineux dans sa substance. Ackermann (2) prétendit, à la vérité, que quand, sur un animal à sang chaud, on lie les vaisseaux pulmonaires et incise la cloison inter-auriculaire, le sang veineux, qui passe immédiatement du côté droit dans le côté gauche, arrête les mouvemens du cœur ; mais, en pareil cas, la mort doit être bien plutôt l'effet de la blessure, que celui de l'impression du sang veineux. On serait mieux fondé à alléguer, en faveur de la propriété stimulante moins prononcée du sang veineux, l'observation faite par Humboldt (3), que des cœurs de Grenouilles dont les battemens étaient affaiblis, recommençaient à battre avec fréquence et vivacité quand on les plongeait dans du sang artériel, tandis que le sang veineux de l'homme ne produisait pas cet effet.

3° Bichat dit que la vie animale est la première à ressentir

(1) *Loc. cit.*, p. 211-216.

(2) *De combustionis lentæ phænomenis*, p. 23.

(3) *Ueber die gereizte Muskelfaser*, t. II, p. 264.

les atteintes de l'asphyxie, et que, quoique la circulation continue encore, le sentiment et le mouvement volontaires sont abolis; d'où il conclut que la mort par asphyxie procède du cerveau. Nous devons nous ranger à cette théorie, si nous réfléchissons que, dans l'asphyxie causée par la vapeur du charbon, il y a d'abord des vertiges, avec trouble des fonctions sensorielles et de la faculté locomotive, qu'ensuite la conscience s'éteint peu à peu, et qu'après le rappel du sujet à la vie, il éprouve pendant long-temps des maux de tête, de l'accablement et de la difficulté à mettre ses fonctions intellectuelles en exercice. Lorsque Bichat (1) injectait du sang veineux dans les carotides de Chiens, la vie animale ne tardait point à s'abolir, tandis que la circulation continuait encore pendant une demi-heure. Nysten (2) prétend, à la vérité, qu'en pareil cas, les animaux périssent uniquement d'une apoplexie produite par la violence de l'injection; mais le seul fait sur lequel il s'appuie, consiste en ce que, lorsqu'on introduit une grande quantité de gaz dans la carotide, l'apoplexie survient par suite de la compression du cerveau, tandis qu'une petite quantité de gaz ne détermine pas la mort. Au contraire, Bichat (3) a vu qu'un Chien dans la carotide duquel il faisait passer, au moyen d'une petite canule adaptée aux deux vaisseaux, le sang veineux de la carotide d'un autre Chien en asphyxie, devenait au bout de quelque temps agité, insensible et frappé de stupeur; et il a constaté (4) aussi que, chez l'animal en asphyxie, la vie animale baissait à mesure que le sang coulant dans les artères perdait de sa teinte vermeille. Le besoin de sang artériel que le cerveau éprouve par dessus les autres organes, ressort déjà de ce que c'est par la voie la plus courte possible qu'il reçoit le sang vermeil revenu des poumons. Ainsi, chez les Mammifères et les Oiseaux, le sang va en ligne droite du cœur gauche au cerveau; chez les Poissons et les têtards des Batraciens, les veines branchiales fournissent les artères de la tête avant de se

(1) *Loc. cit.*, p. 239.
(2) Recherches de physiologie, p. 61.
(3) *Loc. cit.*, p. 243.
(4) *Loc. cit.*, p. 248.

réunir en un tronc aortique, et chez les Reptiles écailleux, notamment les Crocodiles, le sang passe principalement de l'oreillette pulmonaire dans la portion du ventricule de laquelle naît le tronc droit de l'aorte, avec l'artère céphalique.

4° Mais le sang veineux ne peut pas non plus entretenir l'activité vitale des nerfs et des muscles. Lorsque Bichat (1) injectait du sang d'une veine dans l'artère crurale du même animal, le membre inférieur était frappé de paralysie et d'insensibilité. Quand Ségalas liait l'aorte d'un Chien au dessus de sa division, les pattes de derrière étaient paralysées au bout de huit à dix minutes, en sorte que l'animal ne pouvait plus que se traîner; s'il liait la veine cave dans cette même région, les membres postérieurs étaient affaiblis, mais non entièrement paralysés; enfin, s'il appliquait une ligature sur les deux troncs vasculaires, les pattes de derrière se paralysaient, mais seulement au bout de seize à vingt minutes, ou même plus tard encore (2). Ainsi, la paralysie survenait promptement dans le premier cas, où le membre devenait exsangue, la circulation continuant dans les veines après la ligature des artères; elle s'établissait également, mais beaucoup plus tard, dans le troisième, où le membre demeurait plein de sang contenu dans les artères et y prenant peu à peu le caractère veineux; peut-être même n'avait-elle lieu alors que quand le sang était devenu veineux en entier; enfin, dans le second cas, où il n'y avait point paralysie, mais seulement débilitation, le sang veineux, quoiqu'il ne pût revenir en totalité, rentrait cependant en partie dans le torrent de la circulation par le moyen des anastomoses, le sang artériel continuait toujours d'affluer, et probablement il s'établissait une fluctuation dans l'aorte demeurée perméable.

5° Nous nous tromperions si nous prenions les choses à la lettre, et si nous voulions considérer d'une manière absolue le sang veineux comme une substance anéantissant la vie. Mais ce qu'il y a de certain, c'est que, quand tout le sang

(1) *Loc. cit.*, p. 279.
(2) Journal de Magendie, t. IV, p. 287.

du corps est veineux, la mort arrive, et que tous les organes sans exception ont besoin de sang artériel, quoiqu'à des degrés différens, et ceux de la vie animale plus que tous les autres. La rougeur vermeille des parties, qui dépend d'une prédominance du sang artériel, est toujours accompagnée, comme l'a fait voir Bichat (1), d'une activité plus grande de la vie, tandis que la prédominance locale ou générale du sang veineux, dénotée par la teinte bleuâtre des parties, annonce une faiblesse manifeste de la vie. Les animaux qu'on a rendus exsangues reviennent à la vie lorsqu'on leur infuse un sang veineux étranger dans les veines (2), attendu que ce liquide parvient dans le cœur droit, apte à en recevoir la stimulation, et passe de là dans les poumons, où il se convertit en sang artériel.

III. Enfin nous pouvons établir en règle générale qu'il n'y a que le sang propre du sujet qui soit apte à entretenir la vie d'une manière complète et durable.

6° Le sang d'un autre individu de la même espèce ne remplace jamais entièrement celui du sujet; car la vie se crée elle-même son organisation, et, de même que l'embryon (§§ 464, 3°; 466, 2°), l'organisme développé doit également se former lui-même son sang par l'assimilation de substances étrangères. Aussi est-ce en vain que Blundell (3) a injecté du sang d'autres hommes dans les vaisseaux d'individus dont l'assimilation avait baissé; quoiqu'ils parussent se ranimer momentanément, ils ne tardaient pas à voir leurs forces s'anéantir de nouveau, et leur vie n'était point prolongée. Blundell (4) prit un Chien qui pesait vingt-six livres, ne lui donna que de l'eau pour toute nourriture pendant trois semaines, en lui injectant peu à peu dans la veine jugulaire quatre-vingt-quatre onces de sang provenant d'autres Chiens; l'animal tomba malade, ses forces diminuèrent, il maigrit, perdit environ sept livres de son poids, et mourut. Dans ce cas, le sang étranger peut avoir été assimilé peu à peu, puisque la

(1) *Loc. cit.*, p. 275.
(2) Blundell, *Physiological and pathological researches*, p. 93.
(3) *Loc. cit.*, p. 139.
(4) *Loc. cit.*, p. 75.

force assimilatrice n'avait rien perdu de son énergie, et cependant il paraît avoir été la cause de la maladie et de la mort, quoique, comme le présume Blundell, une partie de ce résultat doive être attribuée à l'irrégularité de la transfusion, dans laquelle on injecta tantôt beaucoup, et tantôt peu de sang. Lorsque la transfusion est moins prolongée, la vie peut se maintenir; un petit Chien, dans le corps duquel Lower fit passer du sang de deux gros Chiens, en lui tirant de temps en temps une partie du sien propre, ne succomba pas, quoiqu'il n'eût plus guère que du sang étranger dans ses vaisseaux (1). Bichat (2) ne remarqua non plus aucun trouble de la vie chez un Chien dans la carotide duquel il avait fait passer le sang de la carotide d'un autre Chien. Le sang étranger peut rappeler à la vie des animaux ou des hommes qui ont perdu tout le leur : probablement il n'agit alors que comme stimulus momentané, qui ranime les diverses fonctions, de manière qu'il est lui-même métamorphosé ou éliminé par ces fonctions, en même temps que le sujet forme de nouveau sang qui lui appartient en propre. Mais ces sortes d'expériences n'amènent souvent aucun résultat, et sans que nulle circonstance extérieure semble y contribuer; un Chien que Blundell (3) avait asphyxié en lui tirant une livre de sang, revint à la vie lorsqu'une heure après il lui eut transfusé de nouveau sang, tandis qu'un autre, qui n'avait perdu que huit onces de sang, ne se ranima pas, bien qu'il lui eût injecté du sang au bout de vingt minutes. Le même expérimentateur a vainement essayé (4) quatre fois la transfusion sur des hommes; plus tard elle a été pratiquée avec succès, tant par lui que par Doubledy, Brigham et Sewel, chez des femmes que des pertes consécutives à l'accouchement avaient mises à deux doigts de la mort. Du reste, Blundell (5) a trouvé que la quantité de sang qu'on transfuse n'a pas besoin d'égaler celle qui a été perdue; chez un Chien, que la soustraction de

(1) Scheel, *Die Transfusion des Blutes*, t. I, p. 48.
(2) *Loc. cit.*, p. 257.
(3) *Loc. cit.*, p. 66.
(4) *Loc. cit.*, p. 136.
(5) *Loc. cit.*, p. 96.

dix onces de sang avait mis dans l'état d'asphyxie, deux onces de liquide suffirent pour rétablir la circulation et la vie.

7° On peut, sans compromettre la vie, transfuser une certaine quantité de sang appartenant à un individu d'une autre espèce; ainsi on a fait passer dans les vaisseaux d'hommes bien portans, sans qu'ils en fussent affectés, dix à quatorze onces de sang d'Agneau, selon King (1), et même vingt onces, suivant Denis (2), au rapport duquel le sang de cet animal (3) ou du Veau (4) a opéré un changement favorable dans l'état de certains malades. Des Chiens ont également supporté, sans en souffrir, qu'on leur coulât dans les veines du sang de Brebis (5) ou de Veau (6); des Chamois qu'on leur injectât du sang de Veau (7), et des Brebis ou des Chiens épuisés de sang, ont été ranimés, les premières, par du sang de Veau (8), les autres par du sang d'homme (9). Mais, en y regardant de plus près, on a reconnu que tout sang étranger exerçait une action nuisible quand on l'introduisait en trop grande quantité. Une Brebis à laquelle King avait transfusé du sang de Veau, périt de marasme au bout de trois semaines (10); un Chien que Scheel (11) avait ranimé avec du sang de Cheval, après lui avoir tiré tout le sien, périt le même jour; Blundell rappela à la vie, avec du sang d'homme, plusieurs Chiens tombés en asphyxie par le fait d'une hémorrhagie épuisante; mais ils moururent, soit au bout de quelques minutes (12), soit au bout d'une heure (13), d'un jour (14), ou de six (15), sans qu'on ob-

(1) Scheel, *loc. cit.*, t. I, p. 170.
(2) *Ibid.*, 1829, p. 92.
(3) *Ibid.*, p. 89, 132, 232.
(4) *Ibid.*, p. 104, 124.
(5) *Ibid.*, p. 58.
(6) *Ibid.*, p. 80.
(7) *Ibid.*, t. II, p. 150.
(8) *Ibid.*, p. 136.
(9) Blundell, *loc. cit.*, p. 91.
(10) Scheel, *loc. cit.*, t. I, p. 63.
(11) *Ibid.*, t. II, p. 226.
(12) *Loc. cit.*, p. 82, 84.
(13) *Ibid.*, p. 86, 88.
(14) *Ibid.*, p. 83.
(15) *Ibid.*, p. 88.

servât aucune trace de pléthore, ou qu'il se fût introduit d'air dans les vaisseaux. De même, suivant Leacock, les Chiens épuisés par une hémorrhagie sont ranimés par le sang de Brebis, mais périssent ordinairement quelques jours après (1). Prevost et Dumas ont transfusé du sang de Veau dans le corps de Chats ou de Lapins; mais ces animaux, qui ont rarement survécu au-delà de six jours, offraient une accélération du pouls et une diminution de la chaleur, avec des évacuations muqueuses et sanguinolentes (2). Dieffenbach a fait des observations analogues.

8° La transfusion du sang d'un individu appartenant à une autre classe amène presque toujours la mort. Des Tortues, auxquelles Rosa avait injecté du sang de Veau dans les veines, moururent au bout de quelques heures (3). Un Lièvre, auquel Gaspard avait tiré deux onces de sang, bientôt remplacé par autant de sang de Limaçon tiède, périt douze heures après (4). Suivant Prevost et Dumas, les Oiseaux auxquels on injecte du sang de Mammifère, meurent dans les convulsions, comme s'ils avaient été empoisonnés. D'après Dieffenbach, quelques gouttes de ce sang suffisent pour tuer des Pigeons, et trente à quarante pour causer la mort des Oies; le sang des Poissons agit de même sur les Oiseaux, et fait succomber aussi les Mammifères, notamment les Chiens, les Chats et les Lapins; cependant un Chat supporta le sang de Tortue.

IV. La qualité du sang est déterminée tant par les impressions du dehors, que par l'état et l'activité vitale des organes assimilateurs et excrétoires, par la modalité de sa formation et de sa décomposition. Ce qui annonce déjà que les produits qui en émanent peuvent modifier ses qualités, c'est l'effet produit par l'infusion de liquides provenant de sécrétions anormales. Ainsi divers animaux chez lesquels Gaspard, Bouillaud, Trousseau et Velpeau avaient injecté du pus, tombèrent malades et succombèrent (5). Des Chiens, dans le sang

(1) *Ibid.*, p. 90.
(2) Bibliothèque universelle de Genève, t. XVII, p. 306.
(3) Scheel, *loc. cit.*, t. II, p. 152.
(4) Journal de Magendie, t. II, p. 338.
(5) Archives générales, t. VII, p. 306, 406; t. XI, p. 373.

desquels Deidier avait fait passer de la bile d'un pestiféré, furent atteints de la peste, et leur bile agit ensuite de la même manière sur d'autres Chiens (1). Il arrive aussi, dans certaines maladies, qu'on trouve (§§ 753-757), comme Velpeau, entre autres, l'a démontré par plusieurs exemples (2), le sang altéré sous le point de vue de sa couleur, de sa consistance, de sa pesanteur et de son odeur. De quelque cause que puisse provenir cette altération, toujours est-il qu'elle entraîne constamment à sa suite un trouble considérable de la vie. Nous en trouvons une preuve immédiate dans cette circonstance qu'un pareil sang, introduit dans le corps d'individus jouissant de la santé, produit les accidens morbides analogues à ceux qu'on remarquait chez l'individu qui l'a fourni : du sang de chevaux morveux ou farcineux, que Viborg avait transfusé à des Chevaux sains, fit éclater chez eux la morve ou le farcin (3). Du sang d'un homme atteint de fièvre putride, qu'on injecta dans le tissu cellulaire d'un Chat, tua l'animal en quelques heures, après qu'il eut éprouvé des vomissemens bilieux, de la dyspnée, de l'accablement et des convulsions (4). Le sang des animaux frappés du charbon excite, par son seul contact avec la peau d'un homme ou d'un animal sain, une inflammation gangréneuse et une fièvre putride. Mais le sang peut aussi avoir acquis des qualités anormales et destructives de la vie, sans que ces qualités soient susceptibles de tomber sous les sens. Ainsi on ne remarque aucun changement dans le sang des varioleux, si ce n'est qu'une couenne se produit à la surface, et cependant, d'après Gendrin (5), lorsqu'on l'injecte dans les veines d'un animal vivant, il provoque des inflammations mortelles, tandis que le sang de sujets atteints d'autres maladies inflammatoires ne détermine pas de phénomènes semblables.

(1) Scheel, *loc. cit.*, t. II, p. 86.
(2) Archives générales, t. VII, p. 302, 460.
(3) Scheel, *loc. cit.*, t. II, p. 162.
(4) Andral, Précis d'anatomie pathologique, t. I, p. 539.
(5) Histoire anatomique des inflammations, t. II, p. 460.

B. *Effets qui tiennent à des substances étrangères mêlées avec le sang.*

§ 744. Pour apprendre à connaître expérimentalement les effets des changemens de qualité du sang, jetons un coup d'œil sur les tentatives d'infusion qui ont été faites, c'est-à-dire sur l'introduction immédiate de substances étrangères dans la masse de ce liquide.

1. SUBSTANCES INDIFFÉRENTES.

Et d'abord examinons ce qui résulte de l'infusion des substances qui, lorsqu'elles entrent en contact avec d'autres parties de l'organisme, se montrent indifférentes, ou même contribuent au maintien de la vie.

I. Nysten surtout a fait de nombreuses expériences sur l'action des gaz. Il a trouvé, comme déjà Blumenbach (1) l'avait fait avant lui, que les gaz sont d'autant plus nuisibles, qu'ils se mêlent moins avec le sang (2). Il s'est convaincu, en outre, que le gaz qui parvient dans le sang ne tue point par paralysie du cerveau; car il ne fait que déranger la circulation et la respiration, sans troubler l'action sensorielle; de petites quantités d'air atmosphérique ou de gaz acide carbonique, poussées immédiatement dans la carotide, demeurèrent sans effet, et il n'y en eut que des quantités plus considérables qui, parvenues de cette manière au cerveau, déterminèrent l'apoplexie et la stupeur; un peu moins occasionait un trouble dans la circulation et la respiration (3).

2° Lorsque Blundell (4) injectait cinq gros d'air atmosphérique dans les veines jugulaires d'un Chien, il voyait survenir la difficulté de respirer, avec irrégularité du pouls et accablement, et les animaux ne se rétablissaient qu'au troisième jour. Quand Nysten (5) avait injecté, dans les veines jugulaires de Chiens, de l'air par petites quantités à la fois, environ

(1) Scheel, *Die Transfusion des Blutes*, t. II, p. 272.
(2) Recherches de physiologie, p. 155.
(3) *Ibid.*, p. 48, 98, 168.
(4) *Physiological Researches*, p. 131.
(5) *Loc. cit.*, p. 33.

vingt centimètres cubes, mais à plusieurs reprises, et de manière qu'au bout d'une demi-heure la somme totale s'élevât à deux cent cinquante centimètres cubes, les animaux paraissaient accablés; le lendemain ils toussaient, avaient une respiration stertoreuse, rejetaient un mucus écumeux, et enfin périssaient; leurs poumons étaient grisâtres et contenaient beaucoup de mucus écumeux. D'après cela, l'air introduit dans le sang faisait mourir par la suppression de la respiration; c'est ce que Nysten confirma (1), en remarquant qu'après de semblables infusions, le sang artériel finissait par devenir brunâtre. Nous devons donc présumer que le sang mêlé avec de l'air est impropre au conflit normal avec l'atmosphère dans les poumons, que par conséquent il n'a point d'affinité pour l'oxygène, ou ne peut pas se débarrasser de son carbone. Mais Nysten (2) n'a jamais vu de bulles dans le sang artériel, lorsqu'il avait injecté de l'air dans les veines, et de là il conclut (3) que l'air s'arrête dans les vaisseaux capillaires du poumon, qu'il porte ainsi le désordre dans la respiration, et qu'en sortant il produit l'écume qu'on remarque.

Quand Nysten (4) injectait tout à coup, ou en peu de minutes, quatre-vingts centimètres cubes d'air dans les veines, la mort avait lieu promptement, et il trouvait le cœur droit distendu par du sang et de l'air, tandis qu'il y avait peu de sang et point d'air dans le cœur gauche. Aussi attribue-t-il la mort, en pareil cas, à ce que la distension qu'éprouve le cœur le fatigue et le rend incapable de se contracter convenablement. Mais, outre que le cœur droit, qui seul était affecté ici, suit les mouvemens du cœur gauche, dont la force l'emporte sur la sienne, il ne pourrait arriver à une telle distension qu'autant que l'entrée du sang dans les poumons serait gênée, et nous devons présumer, d'après l'analogie des effets produits par de petites quantités d'air, que le sang ne circule point dans les poumons, et que c'est cette cause qui le rend

(1) *Loc. cit.*, p. 44
(2) *Loc. cit.*, p. 30.
(3) *Loc. cit.*, p. 38.
(4) *Loc. cit.*, p. 16.

stagnant dans le cœur droit. Quand Nysten (1) ouvrait la veine sous-clavière après la cessation des phénomènes vitaux, et chassait l'air par une compression exercée sur la poitrine, il voyait reprendre d'abord la respiration, puis les battemens du cœur, de sorte qu'alors l'activité des poumons se prononçait hautement comme étant la circonstance déterminante. Du reste, les animaux qu'on avait fait périr en leur injectant de l'air, avaient, suivant Sprœgel, le sang plus liquide que de coutume, et de l'air était épanché à la surface de leurs poumons, sous la forme de bulles (2). D'après Hertwich (3), leurs poumons étaient vides de sang, pâles et affaissés, et le cœur gauche contenait du sang noir, tandis qu'un mélange de sang et d'air remplissait le cœur droit (4). Leroy a observé parfois un emphysème des poumons; mais il l'attribuait à ce que l'air déchire les vaisseaux capillaires par l'effet du changement de sa température, et il faisait dépendre la mort, ou de cette circonstance, ou du défaut d'excitation du cœur gauche, tenant à ce qu'au lieu de sang il recevait de l'air (5). Mais l'emphysème se voit rarement, et on ne trouve point d'air dans le cœur gauche. D'après une expérience de Gaspard, l'air paraît aussi interrompre la circulation dans d'autres organes; lorsqu'il avait injecté sept à huit pouces cubes d'air dans l'artère crurale d'un Chien, un peu d'air revenait bien par la veine crurale, au bout de quelques minutes, mais le membre était crépitant au toucher, et les injections d'acide hydrocyanique ou d'extrait de noix vomique ne produisaient pas l'effet ordinaire (6).

2° Nysten (7) a vu des Chiens auxquels il avait injecté à la fois soixante centimètres cubes environ de gaz oxygène, périr rapidement; le cœur droit était gorgé de sang vermeil et écumeux, mais le cœur gauche ne contenait que du sang noir. Ici donc, ou le sang avait traversé les poumons sans rougir,

(1) *Loc. cit.*, p. 22.
(2) Scheel, *loc. cit.*, t. II, p. 256.
(3) Dieffenbach, *Die Transfusion des Blutes*, p. 42.
(4) *Ibid.*, p. 37.
(5) Archives générales, t. III, p. 413.
(6) Journal de Magendie, t. V, p. 329.
(7) *Loc. cit.*, p. 54.

où il n'avait point passé de sang à travers ces organes, et le liquide qu'ils avaient fourni en dernier lieu était devenu noir par le fait de sa stase dans le cœur gauche.

3° L'azote, l'acide carbonique, le gaz oxide d'azote, l'hydrogène pur, l'hydrogène carboné et l'hydrogène sulfuré, occasionaient la distension du cœur droit, et empêchaient le sang de prendre une teinte vermeille dans les poumons. Ce dernier effet appartenait surtout aux gaz contenant du carbone (1). Le gaz oxidule d'azote ne causait point la dilatation du cœur droit (2), mais il s'opposait à ce que le sang devînt vermeil dans les poumons ; ceux-ci étaient surchargés de sang et de mucus écumeux, et le sang contenu dans les artères avait une teinte brune, qui ne passait pas non plus au rouge par l'exposition à l'air (3). Le gaz hydrogène sulfuré enfin tuait sans empêcher le sang de rougir, ni déterminer la distension du cœur droit (4).

II. On peut injecter quatre onces d'eau à des Chiens (5), et dix à des Chevaux (6), sans qu'il en résulte aucun effet nuisible. Poussée en plus grande quantité, elle détermine, d'après les expériences de Portal (7), de Magendie (8) et de Hertwich (9), des symptômes de réplétion du système vasculaire, notamment l'accélération des battemens du cœur et de la respiration, mais de plus une grande faiblesse de la vie animale, et de l'accablement. Si la quantité d'eau est considérable, on voit survenir un état apoplectique et enfin la mort. Chez un Cheval qui périt le quatrième jour après l'infusion, Hertwich (10) trouva des traces de décomposition dans le sang et les parties solides, comme chez les individus atteints de fièvre putride.

(1) *Loc. cit.*, p. 160.
(2) *Loc. cit.*, p. 120.
(3) *Loc. cit.*, p. 133.
(4) *Loc. cit.*, p. 163.
(5) Scheel, *loc. cit.*, t. II, p. 25.
(6) Dieffenbach, *loc. cit.*, p. 45.
(7) Scheel, *loc. cit.*, t. II, p. 112.
(8) Journal de physiologie, t. I, p. 44.
(9) Dieffenbach, *loc. cit.*, p. 43.
(10) *Loc. cit.*, p. 46.

III. Parmi les liquides animaux,

4° Le lait paraît être le moins nuisible. Gaspard en injecta six gros à un Chien, sans remarquer aucun dérangement dans la santé (1). Un Chien auquel Lower avait infusé une demi-livre de lait, fut pris, une demi-heure après, de gêne dans la respiration et de battemens de cœur, auxquels succéda la mort (2).

5° De la salive, de la bile, de l'urine et du sperme ont été injectés par Courten (3), Nysten (4) et Gaspard (5). L'agitation et la difficulté de respirer furent les accidens ordinaires. L'urine injectée dans la carotide ne tue, suivant Nysten, que par la compression qu'éprouve le cerveau.

6° Après avoir injecté de la graisse de Chapon dans les veines d'un Chien, Gaspard observa une respiration stertoreuse et difficile, avec des symptômes de pneumonie. Il vit, en outre, l'asphyxie survenir une demi-heure après l'injection d'une demi-once d'onguent mercuriel, et trouva une masse visqueuse noirâtre tant dans le cœur droit que dans les extrémités de l'artère pulmonaire (6).

IV. Parmi les substances végétales,

1° Courten (7), Magendie (8), Gaspard (9) et Hertwich (10) ont injecté de l'huile grasse à des Chiens, à des Chevaux et à des Renards, dans les veines jugulaires; la respiration devint toujours pénible, souvent stertoreuse, quelquefois accompagnée d'une expectoration visqueuse et sanguinolente. De fortes doses occasionèrent la mort avec promptitude, fréquemment au bout de quelques instans. Les poumons étaient gorgés de sang, et de l'huile se trouvait mêlée avec celui qui remplissait les dernières ramifications de l'artère pulmonaire. Le

(1) Journal de Magendie, t. I, p. 178.
(2) Scheel, *loc. cit.*, t. I, p. 46.
(3) *Ibid.*, p. 184.
(4) *Loc. cit.*, p. 162.
(5) Dieffenbach, *loc. cit.*, p. 175.
(6) Journal de Magendie, t. I, p. 175.
(7) Scheel, *loc. cit.*, t. I, p. 183.
(8) Journal de physiologie, t. I, p. 37.
(9) *Ibid.*, p. 177.
(10) Dieffenbach, *loc. cit.*, p. 56.

cœur gauche et l'aorte étaient vides. L'huile séjourne aussi dans les vaisseaux capillaires d'autres organes, comme l'établissent des expériences de Magendie, qui, en ayant injecté dans les veines des intestins, trouva après la mort, survenue au bout de quelques heures, le foie volumineux et d'un jaune rouge. Gaspard a également observé un œdème douloureux de la cuisse après une injection d'huile dans l'artère crurale.

8° La gomme arabique agit de même, suivant Magendie et Viborg (1). Hertwich a vu aussi cette substance gêner la respiration, la rendre oppressée et irrégulière, produire des accès de suffocation, et causer la mort, quand la dose en était forte (2) : les poumons regorgeaient de sang, et présentaient des extravasations sur plusieurs points de leur étendue; le cœur droit et l'artère pulmonaire étaient pleins d'un sang noir, dans lequel on apercevait des stries blanchâtres de gomme. Quand la mort ne survenait qu'au bout de plusieurs jours, les symptômes et les lésions cadavériques étaient les mêmes qu'à la suite d'une fièvre putride.

V. Allen Moulins (3) et Gaspard (4) ont injecté du mercure coulant dans la veine jugulaire. Il survint bientôt des symptômes de péripneumonie; les ramifications de l'artère pulmonaire et de petites pustules disséminées dans les poumons contenaient du mercure, dont une certaine quantité se trouvait aussi dans le cœur droit. Du mercure que Gaspard (5) fit couler dans une veine intestinale, était parvenu, au bout d'une heure, dans le foie, mais n'en avait pas traversé les vaisseaux capillaires. Injecté dans les artères d'une partie (6), le métal y détermina la paralysie, l'inflammation, la suppuration, et on ne le retrouva que dans les vaisseaux capillaires de cette partie, notamment dans ceux des points qui suppuraient.

VI. De ces expériences il résulte donc que des substances

(1) Scheel, *loc. cit.*, t. II, p. 207.
(2) Dieffenbach, *loc. cit.*, p. 49-55.
(3) Scheel, *loc. cit.*, t. I, p. 193.
(4) Journal de Magendie, t. I, p. 166, 242.
(5) *Loc. cit.*, p. 173.
(6) *Loc. cit.*, p. 70.

aptes à maintenir la vie, ou qui du moins se montrent indifférentes à son égard, peuvent, lorsqu'elles sont portées immédiatement, et en grande quantité, dans le sang du système de la veine cave, arrêter la respiration et la circulation pulmonaire, de sorte qu'il n'arrive plus de sang du tout dans le cœur gauche et le système aortique, ou du moins que ce liquide y parvienne peu abondant et noir, et que par conséquent la vie des différens organes soit abolie. Mais c'est surtout à travers les vaisseaux capillaires d'un organe quelconque que ces substances, introduites en grande quantité, passent difficilement, ou même ne passent point du tout. Le phénomène peut tenir à des causes mécaniques, puisque toutes traversent aisément les capillaires sur le cadavre, et que plusieurs sont celles que nous employons avec le plus d'avantage pour nos injections. Une constriction vivante des vaisseaux capillaires contribuerait plutôt, une fois qu'elles auraient pénétré dans ce système, à les pousser plus loin qu'à les arrêter, et d'ailleurs cette constriction n'est jamais tellement complète, qu'il soit impossible à de l'air ou à du mercure de passer d'un antre côté. Si les capillaires étaient dilatés par un effet de paralysie, l'impulsion des artères et la succion des veines les viderait. Il ne nous reste donc d'autre ressource que d'admettre entre ces substances étrangères et les organes un rapport qui ne permet pas qu'elles soient attirées et repoussées (§ 758), de sorte que, quand elles prédominent dans le sang, elles enraient la circulation.

Nous expliquons aussi par là les effets d'un sang étranger (§ 743', II). Quand bien même ce sang proviendrait d'un individu de la même espèce, il n'est cependant pas un produit de l'organisme propre, par conséquent il entre en contact avec des organes qui ne sont point de la même lignée que lui, il n'est pas susceptible de se mettre convenablement en conflit avec eux, et il ne passe point avec facilité à travers les vaisseaux capillaires, ceux surtout des poumons. Le même cas a lieu, et encore bien plus prononcé, lorsqu'il s'agit de la transfusion d'un sang provenant d'un individu qui appartient à un autre genre, et surtout à une classe différente. Les effets d'un sang étranger ne deviennent intelligibles pour nous qu'autant

que nous admettons, entre le sang et les parties solides, un rapport mutuel, un conflit fondé sur ce qu'ils sont les produits d'une seule et même vie. Les Oiseaux meurent quand du sang de Mammifère pénètre dans leurs veines, et la mort, suivant Prevost et Dumas, est alors aussi prompte qu'après un empoisonnement : la substance de ce sang ne saurait être assez hétérogène à la composition de leur corps pour pouvoir agir comme poison, car beaucoup d'Oiseaux de proie vivent de la chair et du sang des Mammifères, et plusieurs autres, tels que les Canards, supportent ce genre de nourriture sans en être incommodés. Le volume et la forme des globules du sang ne peuvent constituer un obstacle mécanique, puisque, d'après Prevost et Dumas, les globules des Oiseaux sont de même largeur ou même plus larges, et toujours plus longs (§ 664, 7°), que ceux de la plupart des Mammifères. On ne concevrait pas non plus que les globules également larges ou plus étroits d'un Mammifère s'arrêtassent dans les vaisseaux capillaires d'un Oiseau, uniquement parce qu'ils sont circulaires, au lieu d'être elliptiques. Les expériences de Dieffenbach nous apprennent que les Oiseaux supportent moins bien encore le sang d'autres Oiseaux, qui ne les ranime point après une hémorrhagie épuisante ; ce dernier phénomène peut certainement tenir à ce que, chez ces animaux, l'irritabilité en général et celle du cœur en particulier s'éteignent avec une grande promptitude (§ 626, 2°) ; cependant il serait possible qu'on dût mettre aussi au nombre des causes coopérantes, chez les Oiseaux et chez les autres animaux ovipares, cette circonstance que, pendant la vie embryonnaire, ils ne forment leur sang qu'aux dépens des produits sécrétoires de la mère, avec le concours de l'eau et de l'air, tandis que l'embryon des Mammifères forme le sien avec le sang maternel lui-même, entre lequel et son propre sang il y a conflit et réaction dans l'intérieur du placenta.

Quoi qu'il en soit, nous trouvons des faits qui annoncent un obstacle à ce que le sang étranger traverse les vaisseaux capillaires des poumons. Blundell (1) a vu, chez un Chien, dont

(1) *Loc. cit.*, p. 75.

il avait entretenu la vie pendant trois semaines par la transfusion du sang de Chien, le cœur droit dilaté à un point extraordinaire. D'autres Chiens que la transfusion n'avait pas ranimés après une hémorrhagie épuisante (1), lui ont offert, comme aussi à Dieffenbach, le cœur droit distendu par du sang caillé et le cœur gauche vide. La même chose avait lieu chez un Chien que du sang humain avait rappelé à la vie, mais dont la respiration était demeurée stertoreuse, et qui succomba au bout d'une heure (2). Après avoir injecté du sang de Limaçon à un Lièvre, Gaspard observa une accélération de la respiration, et la mort étant survenue douze heures après, on découvrit des traces d'inflammation sur plusieurs points de l'étendue des poumons (3).

2. SUBSTANCES IRRITANTES ET AUTRES.

§ 745. L'infusion des substances connues sous le nom d'irritantes, poisons ou médicamens, peut être envisagée eu égard à sa quantité. Ainsi nous trouvons que des Chiens ont supporté dix gouttes d'huile essentielle de sauge (4), un demi-gros de sel d'urine (5), un gros de sel ammoniac (6), un gros et demi de sel marin (7), deux onces de vinaigre (8), etc. Mais les effets relatifs aux qualités diverses de ces substances ont plus d'importance. Malgré la multitude des observations recueillies à cet égard, nous sommes pauvres en résultats; cependant, comme il s'agit là d'un point qui intéresse vivement la physiologie, nous essaierons de ramener les faits consignés surtout dans les recueils de Scheel (9), de Dieffenbach (10) et

(1) *Loc. cit.*, p. 66.
(2) *Loc. cit.*, p. 86.
(3) Journal de Magendie, t. II, p. 339.
(4) Scheel, *loc. cit.*, t. I, p. 190.
(5) *Loc. cit.*, *ibid.*
(6) *Loc. cit.*, t. II, p. 256.
(7) *Loc. cit.*, t. I, p. 187.
(8) *Loc. cit.*, t. II, p. 46.
(9) *Die Transfusion des Blutes und Einspritzung der Arzneien in den Adern.* Copenhague, 1802, 1803, 2 vol. in-8°.
(10) *Die Transfusion des Blutes und die Infusion der Arzneien in die Blutgefæsse.* Berlin, 1828, in-8°.

d'Orfila (1) à quelques déductions dont la science puisse tirer profit, et, pour abréger, nous supprimerons ici toutes les citations. Quant aux effets, nous les partagerons en ceux qui dépendent d'une disposition individuelle et momentanée de la vie, et en ceux qui tiennent à une relation spécifique entre telle ou telle substance et telle ou telle direction donnée de la vie.

I. Les substances en question agissent, quand on les introduit dans le sang, d'une manière analogue à celle des substances qui ont été précédemment examinées, et cela parce qu'il y a également hétérogénéité entre elles et ce liquide.

1° Une affection des organes respiratoires a été observée dans presque tous les cas sans exception. La respiration est devenue difficile, en partie intermittente ou inégale, parfois bruyante, stertoreuse, ou bien il est survenu des symptômes de suffocation, quand on a injecté dans les veines du gaz oxide de carbone, de l'hydrogène pur, carboné ou phosphoré, du gaz oxidule d'azote, du gaz ammoniaque, du gaz chlore, de l'acide sulfurique, de l'acide oxalique, de l'acide tartrique, du vinaigre, du phosphore, du camphre, de l'essence de térébenthine, de l'huile de croton, de la ciguë, de l'opium, de la levure de bière, du sang pourri, d'autres matières animales en putréfaction, de l'écorce de chêne, de la noix de galle, de l'encre, de la teinture martiale, du chlorure d'or, du nitrate d'argent, du nitrate de bismuth, du chlorure de mercure, du tartrate de potasse et d'antimoine, du chlorure d'étain, du sulfate de zinc, de l'acétate de cuivre, etc. Dans d'autres cas, on n'a remarqué qu'une accélération de la respiration, après l'injection du gaz oxygène, du gaz azote et de l'air putride, de l'acide nitrique, du chlorure d'or et du nitrate d'argent, du nitre et du sel ammoniac, de l'alcool et de l'éther, des cantharides et des feuilles de séné, de l'opium, de la pomme épineuse, de la laitue vireuse et de l'acide hydrocyanique. La rareté et le ralentissement de la respiration ont été observés quelquefois sous l'influence du gaz oxygène et du gaz azote, de l'acide hydrochlorique et de

(1) Toxicologie générale. Paris, 1814, 4 vol. in-8°.

l'acide sulfurique. Du reste, Ségalas prétend qu'en cas de mort par l'injection de l'alcool, la respiration cesse déjà au bout de quelques secondes, tandis que les battemens du cœur ne s'arrêtent qu'au bout de deux à trois minutes (1). On a trouvé les poumons enflammés après l'injection du deutochlorure de mercure, de l'éther, de l'eau de viande putréfiée, de la ciguë, du camphre et de l'essence de térébenthine; gorgés de sang, d'une couleur foncée, condensés et non crépitans, après celle des chlorures d'or et d'étain, des nitrates d'argent et de bismuth, des acétates de plomb et de cuivre, du tartrate d'antimoine et de potasse, des acides sulfurique et nitrique, du phosphore, des cantharides, de l'opium, de la jusquiame, de la pomme épineuse et de la digitale; pleins de sang coagulé, après celle de l'acétate de plomb, des acides sulfurique et hydrochlorique, de l'alcool, du sang-dragon, de l'eau distillée de laurier-cerise et du venin de la vipère; parsemés d'épanchemens sanguins, après celle de l'acétate de plomb, de l'huile de croton, de la levure et du sang pourri. En outre, on a rencontré une dilatation anormale du cœur après l'infusion des gaz azote, oxidule d'azote, acide carbonique et hydrogène, de l'acétate de plomb, de l'éther, du sang-dragon, du quinquina et de la ciguë; des amas de sang noir dans le système aortique, après celle des gaz oxygène et oxidule d'azote, des chlorures d'or et d'étain, des nitrates d'argent et de bismuth, des acides sulfurique et nitrique, de la potasse caustique, de l'ammoniaque, du chlorure de barium et du phosphore.

2° Il est facile de concevoir que toute substance étrangère, mêlée immédiatement avec le sang, détermine une irritation anormale du cœur. Ainsi l'infusion du sang de Limaçon, chez un Lièvre, accrut la violence des battemens de cet organe; celle de l'huile d'olive rendit le pouls petit, accéléré et irrégulier; celle de la gomme arabique provoqua des battemens de cœur rapides et irréguliers, avec un pouls dur ou faible. Aussi Regnaudes (2) et Hufeland (3) ont-ils observé, chez

(1) Archives générales, t. XIII, p. 103.
(2) Scheel, *loc. cit.*, t. II, p. 90.
(3) Dieffenbach, *loc. cit.*, p. 13.

l'homme, d'abord une grande agitation, un état fébrile et un pouls irrégulier, puis la sueur, après l'infusion des substances les plus diverses, telles que feuilles de séné, bois de gaïac, gomme arabique, tartre stibié, camphre, opium, etc.

II. D'autres symptômes sont accidentels, tant parce qu'ils n'ont aucun rapport avec le mode d'action connu d'une substance, que parce qu'ils se manifestent quelquefois après l'impression de substances tout-à-fait différentes. Mais, en nous servant du terme d'accidentels, nous entendons seulement que les suites dépendent d'un état individuel et momentané de la vie en général, ainsi que des divers systèmes et organes. En effet, nous pouvons concevoir les différentes activités de la vie sous l'image d'un réseau d'anastomoses; l'impression sur le courant entier se manifeste de préférence dans la branche qui, en vertu de sa disposition momentanée, a le plus de réceptivité pour elle, et elle y détermine, suivant la nature des circonstances, une accélération ou un ralentissement, une stagnation ou un mouvement rétrograde. Ainsi un changement du sang peut apporter dans la respiration un trouble qui réagit sur le sensorium, dont l'affection retentit elle-même sur l'action musculaire, de sorte que cette dernière seule s'exprime par des symptômes, tandis que les affections par lesquelles la sienne a été occasionée demeurent insensibles; il est également possible qu'une partie musculaire, après avoir été mise dans un état momentané de désaccord, manifeste son affection de telle ou telle manière. Ainsi l'étude de la vie, envisagée même sous d'autres points de vue que nous examinerons plus tard, nous apprend qu'un seul et même symptôme peut dépendre des états les plus diversifiés, et un seul et même état s'annoncer par les symptômes les plus disparates. Donc celui qui s'en tiendrait uniquement aux symptômes, qui, par exemple, après avoir lu dans Orfila (1) qu'un Chien dans les veines duquel on avait injecté du nitrate d'argent, présenta des mouvemens convulsifs de la patte antérieure droite et un écoulement de sérosité sanguinolente par la narine gauche, voudrait conclure de là que le nitrate d'argent agit uni-

(1) *Loc. cit.*, t. I, P. II, p. 39.

quement sur le membre pectoral droit et le côté gauche des fosses nasales, qu'il peut par conséquent être employé à titre de moyen curatif dans des affections de ces parties, celui-là, dis-je, s'égarerait en dehors du cercle de l'observation raisonnée. A la vérité, il ne nous est pas donné d'assigner la cause de pareils symptômes, et de dire, par exemple, pourquoi, de deux chiens auxquels Lanzoni avait injecté de l'eau de cannelle, l'un devint aveugle, sourd, furieux et mourut, tandis que l'autre éprouva seulement des vomissemens (1); mais il nous suffit de reconnaître que ce sont là des phénomènes accidentels. Or cette distinction s'applique principalement à la vie animale et aux fonctions sur lesquelles elle exerce une influence immédiate.

3° Hufeland a ordinairement observé une constriction de la gorge après l'injection du camphre, de l'opium, etc. Celle du sang humain dans les veines de certains Chiens, celle de l'eau pure, de l'eau de cannelle, du carbonate d'ammoniaque, de l'acide sulfurique, des feuilles de séné, de la teinture de cantharides, de la jusquiame, de la laitue vireuse, de la pomme épineuse, de la digitale, etc., a déterminé le vomissement, de sorte qu'on demeure dans l'incertitude de savoir si le tartre stibié et autres sels métalliques produisent cet effet en vertu d'une propriété qui leur appartienne spécifiquement.

4° Les évacuations intestinales et les flux d'urine qu'on a coutume d'observer chez les animaux qui éprouvent des angoisses, sont plus équivoques encore.

5° Toute substance qu'on injecte dans le sang peut, par le trouble qu'elle apporte dans la vie animale, occasioner la débilité musculaire et des spasmes sous différentes formes. Ainsi l'air produit tantôt le tremblement, tantôt des convulsions ou le tétanos; mais si l'on en injecte peu à la fois, et qu'on répète souvent l'opération, la mort a lieu sans spasmes, d'après Nysten (2). L'eau, l'huile d'olive, la gomme arabique déterminent tantôt la prostration des forces, tantôt des con-

(1) Scheel, *loc. cit.*, t. I, p. 32.
(2) *Loc. cit.*, p. 32.

vulsions. On doit donc attacher peu d'importance à ce que des sels métalliques et des substances narcotiques ont occasioné des convulsions, à ce que les acides et le tannin ont paru faire naître surtout le tétanos, à ce que d'autres substances, par exemple, l'ammoniaque ou l'opium, ont amené tantôt le tétanos, et tantôt des convulsions. Les animaux exécutaient des mouvemens de mastication et de déglutition quand on leur avait injecté de l'huile d'olive ou de croton, de l'alcool ou de l'eau de vie camphrée, du tartre stibié ou du vert de gris.

6° De même, le cri des animaux n'est que l'expression générale d'une sensation désagréable, qui peut dépendre de troubles organiques très-différens. On l'a remarqué après l'injection de l'air atmosphérique ou de l'huile d'olive, comme après celle des acides, des sels métalliques, de l'ammoniaque, des cantharides, des substances narcotiques et des liquides animaux en putréfaction.

7° Les vertiges, la stupeur et l'état apoplectique eurent lieu aussi, non seulement après l'injection de poisons narcotiques et de sels métalliques, mais encore après celle d'eau, d'huile d'olive ou de gomme arabique.

III. Certaines substances, quand on les injecte dans le sang, comme lorsqu'on les met d'une autre manière en contact avec l'organisme, exercent une action spécifique sur des directions déterminées de la vie. Aussi a-t-on essayé quelquefois d'injecter des médicamens. Le tartre stibié et le sulfate de zinc, introduits dans les veines, provoquent le vomissement; le nitrate d'argent (1), le deutochlorure de mercure (2), l'opium (3), la ciguë (4), les liquides animaux en putréfaction (5) ont déterminé l'inflammation du tube intestinal; l'acétate de plomb a supprimé les évacuations alvines (6); les cantharides ont produit une phlegmasie de la vessie (7); le deutochlorure de

(1) Orfila, *loc. cit.*, t. I, P. II, p. 38.
(2) Journal de Magendie, t. I, p. 182.
(3) Scheel, *loc. cit.*, t. I, p. 251.
(4) *Ibid.*, p. 245.
(5) Dieffenbach, *loc. cit.*, p. 164.
(6) Journal de Magendie, t. I, p. 284.
(7) Orfila, *loc. cit.*, t. I, P. II, p. 211.

mercure a donné lieu à la salivation (1); l'opium tantôt a développé la série complète de ses effets, c'est-à-dire d'abord l'excitation de tous les sens et l'exaltation de la vie animale, puis la paresse et l'engourdissement, enfin la stupeur (2), tantôt a provoqué de suite ces derniers phénomènes en accablant la vie animale (3). Le vin (4) et l'alcool (5) ont déterminé l'ivresse. Nous aurons plus tard à examiner si ces substances n'agissent qu'après être passées dans le sang.

ARTICLE II.

De la manière d'agir du sang sur l'organisme.

§ 746. A l'égard de la manière d'agir du sang,

I. Il fournit les matériaux nécessaires à la formation des solides et des liquides; mais il en reçoit aussi d'autres en échange, comme nous le démontrerons plus amplement en traitant de la plasticité organique, et comme on peut déjà le conclure de l'expérience rapportée plus haut (§ 741, 1°), qui établit que, quand il y a trop peu de sang, la nutrition et la sécrétion se font d'une manière incomplète. On pourrait également citer en preuve que les jeunes sujets, chez lesquels la plasticité déploie davantage d'énergie, succombent, proportion gardée, plus tôt que les sujets avancés en âge, à la perte de leur sang (§ 741, 2°). Mais les suites d'une hémorrhagie épuisante se manifestent instantanément, tandis que la nutrition s'accomplit peu à peu et d'une manière insensible, de sorte que son interruption ne peut point anéantir aussi promptement la vie. L'extinction des sécrétions ne saurait non plus produire d'effets aussi soudains, d'autant mieux que, même dans les pertes considérables de sang, les vaisseaux capillaires sont les derniers à se vider complétement.

(1) Journal de Magendie, t. I, p. 182.

(2) Dieffenbach, *loc. cit.*, p. 80.

(3) Orfila, *loc. cit.*, t. II, P. I, p. 135.

(4) Scheel, *loc. cit.*, t. I, p. 190, 211; t. II, p. 29. — Dieffenbach, *loc. cit.*, p. 139.

(5) Journal de Magendie, t. I, p. 33.

II. Le sang agit aussi comme stimulus. Car, partout où l'accès des organes lui est interdit, on n'observe d'abord qu'un trouble de l'activité vitale, et, à part la vacuité des vaisseaux, avec les résultats mécaniques qu'elle entraîne, on ne découvre absolument aucun changement. Au dessous d'un anévrysme, le membre, que cette tumeur empêche de recevoir assez de sang, devient froid et flasque, mais ce n'est qu'au bout d'un certain laps de temps qu'il maigrit. Les phénomènes qui se manifestent à la suite d'une forte hémorrhagie, comme défaut d'appétit, faiblesse de la digestion, et disposition à des sueurs abondantes, à la diarrhée, ou à des épanchemens séreux dans le tissu cellulaire, annoncent que la vie plastique manque non pas seulement de substance, mais encore et surtout de force. De même, dans les congestions, on ne voit d'abord que turgescence, pléthore et exaltation de la vitalité ; ce n'est que plus tard qu'il survient hypertrophie. Enfin l'action du sang se règle en tous points d'après les lois de l'excitement.

1° Tout changement de la quantité du sang dans le corps entier ou dans un organe quelconque, exerce une influence d'autant plus prononcée, que le nouvel état qui résulte de là s'éloigne davantage de celui qui avait lieu jusqu'alors. Si le sang jaillit d'une plaie faite à une forte artère, la syncope et même la mort sont le résultat d'une hémorrhagie qui n'entraînerait aucun inconvénient si elle provenait d'une plus petite branche, et si elle avait lieu lentement, goutte à goutte. Il est vrai que, dans ce dernier cas, l'économie gagne du temps pour réintroduire de nouveaux liquides dans le système vasculaire, à la place du sang perdu ; mais la différence entre les effets est trop considérable, comparativement à celle du temps, pour que cette dernière puisse être la cause en raison de laquelle on supporte mieux une hémorrhagie lente. Lorsque, dans la saignée, on ouvre largement la veine, de manière que le sang puisse couler avec rapidité, il suffit d'une perte médiocre de ce liquide, non seulement pour déterminer sur-le-champ une grande faiblesse et beaucoup de propension à la syncope, mais encore pour donner lieu à une débilitation prolongée, ce qui rend cette manière de pratiquer la saignée efficace surtout quand il s'agit de déprimer l'activité vitale,

d'apaiser la fièvre et l'inflammation. Ainsi, d'après Pemberton, une émission de huit onces de sang, dans un cas de phlegmasie, peut agir d'une manière salutaire quand elle a lieu dans l'espace de trois minutes, et ne plus produire cet effet quand elle s'opère en dix minutes seulement. Au contraire, il faut pratiquer une moins large ouverture au vaisseau, et déterminer ainsi un écoulement moins prompt, lorsqu'il s'agit de diminuer la masse du sang, sans affaiblir la vitalité, par conséquent dans les cas où il y a excès du liquide, sans que cette dernière présente de traces d'excitation. La quantité du sang peut être extrêmement faible chez une personne qui a contracté l'habitude des saignées, et cependant donner lieu à tous les phénomènes de la pléthore, lorsqu'on n'a pas soin de la diminuer de temps en temps. D'un autre côté, la même quantité de sang accumulée dans un organe provoque des symptômes beaucoup plus violens lorsque la congestion ou l'inflammation s'établit d'une manière subite, que quand l'anomalie se manifeste peu à peu et lentement.

2° Tout stimulus apte à exalter une certaine direction de la vie, la déprime quand il agit avec trop de force. Cette règle s'applique aussi au sang. Dans un état de pléthore médiocre, le pouls est grand, plein et fréquent, la turgescence vitale augmentée, ainsi que la production de chaleur et les sécrétions, enfin la vie animale stimulée et énergique ; mais si la pléthore se trouve portée plus loin, la circulation, la nutrition et toutes les manifestations de la vie se ralentissent, il survient des maux de tête, des étourdissemens, de la propension au sommeil, de la gêne dans la respiration, des engourdissemens dans les membres. Rien ne nous éclaire d'une manière plus immédiate à cet égard que les expériences dans lesquelles on injecte à un animal du sang provenant d'un autre animal, après lui en avoir tiré trop peu à lui-même, ou négligé entièrement cette précaution ; les battemens du cœur deviennent faibles et ondulatoires, la respiration est difficile, profonde, fréquente et stertoreuse, l'animal témoigne une grande agitation et beaucoup d'anxiété, ou bien il tombe dans un état de paresse et d'engourdissement, dans une sorte de stu-

peur, et périt. Après la mort on trouve (1) le cœur en partie plein de sang coagulé. De même, en s'accumulant dans un organe, le sang opprime les fonctions de cet organe, il produit au cerveau la stupeur et l'apoplexie, à la rétine la cécité, dans les poumons l'asphyxie, etc. Au point culminant d'une fièvre inflammatoire, le pouls est lent et déprimé; il ne devient fort, grand et fréquent, qu'à la suite d'une saignée. De même une perte de sang a souvent pour effet de stimuler davantage la vie, et même d'en porter les manifestations jusqu'au degré qui constitue la maladie ; en pareil cas, une saignée entraîne des mouvemens fébriles, des battemens de cœur, un pouls fort et fréquent. D'après cela, un seul et même symptôme peut dépendre d'états directement opposés ; les palpitations de cœur peuvent se rattacher à l'excès comme à la pénurie du sang, le délire et les convulsions peuvent survenir lorsque le sang se porte en trop grande abondance au cerveau, de même que quand ce viscère n'en reçoit point assez, etc.

3° Du reste, ce n'est jamais à la quantité absolue du sang qu'il faut avoir égard, mais à la proportion entre ce liquide et l'organisme. Il peut être trop abondant d'une manière relative et déterminer des symptômes de pléthore lorsqu'il y a défaut de corrélation entre lui et le pouvoir réactionnaire des organes ou la capacité du système vasculaire. Le premier cas (*plethora ad vires*) a lieu quand, chez un sujet qui habituellement n'a pas beaucoup de sang, la quantité de ce liquide vient à augmenter, même assez peu, en même temps que l'excitabilité devient plus grande. L'autre (*plethora ad spatium*) est celui dans lequel plusieurs organes reçoivent moins de sang qu'à l'ordinaire, par l'effet d'un état spasmodique, ou celui d'un sujet qui, après avoir perdu un membre entier, continue de produire autant de sang qu'avant sa mutilation.

III. Il est clair que le sang agit comme stimulant sur tous les organes ;

4° Mais cette action de sa part s'exerce principalement sur son propre organe, le cœur (§ 717, 6°). Rien, suivant la re-

(1) Scheel, *loc. cit.*, t. I, p. 180; t. II, p. 136, 144, 150. — Dieffenbach, *loc. cit.*, p. 27.

marque de Wedemeyer (1), n'affaiblit autant qu'une hémorrhagie l'influence que le cœur exerce sur la circulation ; chez un animal qui perd tout son sang, les battemens du cœur deviennent plus faibles et plus rapides, puis irréguliers et intermittens, jusqu'à ce qu'enfin ils cessent tout-à-fait. Humboldt (2) a ranimé le mouvement, dans des cœurs de Grenouilles, qui étaient déjà immobiles, en les plongeant dans du sang, et après que la répétition de cette expérience les avait épuisés, ils recommençaient à battre avec vivacité lorsqu'on les introduisait dans la cavité pectorale d'une Grenouille où venait tout récemment de s'épancher du sang. Le cœur d'un Crapaud, qu'aucune irritation mécanique ne pouvait plus déterminer à se contracter, exécuta des pulsations faibles après avoir été remis dans la poitrine de l'animal, et battit plus vite quand on l'introduisit dans la poitrine d'une Grenouille qui venait d'être ouverte. L'immersion des cœurs de Poissons dans du sang de Lézard, et celle du cœur de la Taupe dans du sang de Chat, produisirent le même résultat ; mais le cœur d'une Souris ne fut point ranimé par du sang d'animaux à sang froid.

5° En remplissant les cavités du cœur, le sang excite cet organe, ce qui lui imprime à lui-même le mouvement. Dans les vaisseaux capillaires, au contraire, il trouve son but, et il y entre en rapport plus intime, en conflit chimico-dynamique, avec les organes dont ces vaisseaux font partie intégrante, car le système vasculaire perd là son indépendance (§ 702, 1°). Admis ainsi dans la substance des organes, il stimule l'activité vitale propre de chacun d'eux, et exerce son influence sur la vie générale, de même qu'il agit encore jusque sur la raideur cadavérique (§ 635, 8°). Mais les phénomènes qui résultent d'un changement soudain, principalement dans la quantité (§ 741) ou la qualité (§ 743) du sang, nous donnent la conviction que c'est la vie animale seule, et non la vie végétative, qui a besoin de l'impression continuelle et constamment renouvelée du sang artériel, que par conséquent le sang dirige de préférence sa vertu stimulante vers les fonctions

(1) *Untersuchungen*, p. 189.

(2) *Ueber die gereizte Muskelfaser*, t. II, p. 264.

animales. Voilà pourquoi une hémorrhagie abondante et subite produit des vertiges, l'obscurcissement de la vue, l'abolition de la conscience, la syncope, et laisse à sa suite, toujours l'accablement, souvent aussi des paralysies, ou l'affaiblissement des facultés intellectuelles, ou le délire. Epuiser de sang un animal, c'est le priver d'abord de sa vie animale, après la perte de laquelle le cœur continue encore pendant quelque temps de battre, comme l'ont constaté les observations de Piorry (1). Aussi Richerand a-t-il remarqué que des Chiens auxquels il liait les deux carotides et les deux artères vertébrales, tombaient par terre et mouraient en peu de secondes, tout comme ceux dont il avait lié l'aorte elle-même immédiatement auprès du cœur (2) ; le défaut de sang artériel dans le cerveau produisait le même effet que son défaut dans le corps entier. Les irrégularités de la circulation qu'entraînent les vices de conformation du cœur déterminent un trouble plus ou moins considérable des facultés de l'âme, et l'action que le sang exerce particulièrement sur le caractère ressortira des considérations dans lesquelles nous entrerons plus tard au sujet de cette direction de l'âme.

IV. La propriété stimulante du sang repose sur la nature intime de sa substance, et sur la manière chimico-dynamique dont elle se comporte à l'égard des parties solides ; mais le rapport mécanique y entre aussi pour quelque chose.

6° En vertu de sa quantité (§ 691) et de son expansion (§ 690), le sang met les parties solides dans un état de tension et de rénitence favorable à l'influence qu'elles exercent les unes sur les autres. Quand on épuise un animal de sang, toutes les parties se flétrissent et se relâchent ; lorsque l'afflux du sang augmente vers elles, elles acquièrent et plus de volume et une rénitence plus prononcée. Ainsi, quand le cerveau reçoit une plus grande quantité de sang qu'à l'ordinaire, il fait effort contre le crâne, y creuse peu à peu des excavations, fait même parfois éclater les sutures, et s'échappe ordinairement à travers les ouvertures accidentelles de la boîte osseuse.

(1) Froriep, *Notizen*, t. XIII, p. 189.

(2) Mémoire de la Soc. médic. d'Emulation, t. III, p. 296.

Le volume du corps change également dans toutes les circonstances qui accroissent ou diminuent le mouvement du sang vers la périphérie en général, ou vers un point quelconque de la surface. D'après les mesures de Martini (1), le pourtour de la poitrine et du ventre augmente d'environ cinq lignes après qu'on a mangé (§ 767); après un repas copieux, ou l'usage d'une grande quantité de vin et de café, celui de la poitrine s'accrut d'à peu près sept lignes, et celui du ventre de dix à douze; au contraire, après avoir bu de l'eau-de-vie, la partie supérieure de la poitrine se trouva plus étroite de cinq lignes, l'inférieure de douze, et le ventre de cinq. La circonférence de la poitrine augmenta de huit lignes après avoir joué d'un instrument; de six lignes en haut et huit en bas, pendant un accès de colère; elle diminua, au froid, d'environ six lignes. Après la marche, le mollet se trouva plus gros de cinq lignes, et la cuisse de sept.

7° La force avec laquelle le choc du cœur agit sur le sang dans les artères produit un ébranlement, non seulement dans ces derniers vaisseaux, mais encore dans les organes voisins. Si, par exemple, on pose le coude sur une table, en tenant un corps long dans la main, on voit celui-ci éprouver une élévation et un abaissement isochrones aux battemens du pouls. La même chose arrive à la cuisse qu'on croise sur l'autre étant assis. Or, si nous considérons le système vasculaire comme un appareil mécanique de tubes liés les uns avec les autres, dans le cercle desquels le cœur est renfermé comme pompe aspirante et foulante, il nous semble que cette pompe pourrait accomplir la circulation, même en déployant une force bien moins considérable; et si nous réfléchissons encore qu'indépendamment du cœur on découvre d'autres forces qui déterminent la fonction (§ 758), il devient évident que sa puissance n'est point indispensable. Cependant, comme il répugne d'admettre un déploiement inutile de force dans une fonction qui est si générale, nous ne pouvons non plus croire que cet ébranlement soit sans importance, et nous devons penser qu'il influe sur la vitalité des organes, hypothèse dont

(1) *Abhandlungen der Schwedischen Akademie*, t. XXXI, p. 73.

Bichat a essayé le premier d'établir la vraisemblance (1). En effet, l'agitation mécanique qui résulte des alternatives continuelles d'ampliation et de resserrement de la cage thoracique, des poumons et du cœur, comme aussi du mouvement des parois abdominales, de l'estomac, du canal intestinal et de la vessie urinaire, semble influer d'une manière puissante sur la vitalité des organes, et dès lors on ne voit pas pourquoi l'impulsion du sang artériel ne contribuerait point aussi à cette action. Les flexuosités des artères paraissent indiquer que tel est effectivement le rôle qu'elle joue; en multipliant les points de contact des artères, et les étendant plus loin sur les côtés, elles leur permettent d'ébranler davantage les organes voisins; aussi les rencontre-t-on surtout, comme le fait remarquer Bell (2), dans les parties qui jouissent d'une vitalité très-prononcée, de sorte qu'il y en a plus, par exemple, à la tête qu'aux membres inférieurs. De même aussi, quand le placenta, les glandes mammaires, etc., déploient une vie plus énergique, leurs artères deviennent plus fortes et plus flexueuses qu'elles ne l'étaient auparavant. Mais le cerveau est de tous les organes celui dans lequel on reconnaît au plus haut degré l'influence de cet ébranlement, et si elle s'y montre plus prononcée que partout ailleurs, c'est qu'il n'est aucun organe non plus, dans l'économie, qui ressente plus vivement l'action stimulante du sang que ce centre de la vie animale. En effet, nous apercevons, dans le cerveau de l'homme, des dispositions qui lui permettent d'être ébranlé par les effets des battemens du cœur. Les branches artérielles qui s'y rendent, avant de se partager en rameaux, décrivent des flexuosités à sa base et y forment un cercle dans lequel un courant sanguin, dirigé d'avant en arrière, se rencontre avec un autre dirigé d'arrière en avant, de sorte qu'à chaque systole du cœur ces vaisseaux s'étendent de bas en haut, et soulèvent l'organe encéphalique reposant sur eux, d'autant plus qu'étant dépourvus de membrane fibreuse, ils doivent non seulement céder avec une grande facilité à l'impulsion du cœur,

(1) Recherches sur la vie et la mort, p. 185-202.

(2) *An essay on the forces by which circulates the blood*, p. 42.

mais encore la transmettre aisément à la masse molle de l'encéphale. Aussi voit-on, tant sur le cadavre, quand on injecte de l'eau par saccades dans les carotides, que sur le vivant, lorsque les circonstances permettent de faire cette observation, le cerveau se soulever à chaque battement du cœur, et s'affaisser aussitôt après. Ces mouvemens cessent quand les forces diminuent, s'affaiblissent dans les hémorrhagies, s'interrompent durant la syncope, augmentent lorsque le sang afflue en plus grande quantité vers la tête, et s'arrêtent quand les artères cérébrales viennent à être obturées : en un mot, ils correspondent exactement à l'impulsion du cœur et à sa propagation au cerveau (1). Mais, d'un autre côté, ils sont aussi en raison directe de l'activité des facultés de l'âme ; on ne les observe point dans la stupeur qui accompagne les commotions cérébrales, et, à mesure qu'ils se rétablissent, la conscience renaît. Ils sont plus faibles chez les Mammifères que chez l'homme, et manquent totalement chez les Oiseaux, les Reptiles et les Poissons. Dans les Poissons et les Urodèles, le cœur ne peut point exercer cette influence immédiate sur le cerveau, puisqu'entre les deux organes se trouve interposé le système vasculaire des branchies. Chez les autres Reptiles, il n'y a qu'un des deux troncs dans lesquels l'aorte se partage qui donne les artères de la tête et des membres supérieurs, encore même de telle sorte que, la plupart du temps, l'artère céphalique n'est qu'une faible branche de la sous-clavière, et l'artère cérébrale le dernier rameau de la céphalique. Chez les Oiseaux, il n'y a également point d'aorte ascendante, l'aorte se partageant, aussitôt après sa sortie du cœur, en un tronc gauche, l'artère sous-clavière gauche, et un tronc droit, l'aorte descendante, de laquelle naît la sous-clavière droite; la carotide, qui provient de la sous-clavière droite, ou de la gauche, ou de toutes deux, et qui fournit l'artère vertébrale, est proportionnellement fort petite, et souvent impaire jusque près de la base du crâne, où elle se divise en plusieurs branches, entre lesquelles l'artère cérébrale ne se fait point remarquer par un calibre plus considérable. C'est

(1) Burdach, *Vom Baue des Gehirns*, t. III, p. 32-37.

chez les Mammifères seulement que la masse entière du sang s'engage dans l'aorte ascendante, d'où résultent un afflux plus considérable de ce liquide vers la tête, et un mouvement plus prononcé du cerveau. Mais cet état de choses est surtout très-développé chez l'homme, où, plus que partout ailleurs, la base du cœur et l'issue du ventricule aortique sont tournées vers l'encéphale, et où la carotide interne n'est plus une branche subordonnée de l'interne, mais forme la continuation en ligne droite du tronc, de sorte que le sang se porte au cerveau d'une manière directe et avec toute la puissance dont il est animé (1). A la vérité, d'après la loi générale de l'hydrostatique, le liquide pèse uniformément en tous sens sur ses parois; mais, dans un mouvement saccadé, il heurte aussi avec plus de force contre la paroi qui lui est directement opposée (§ 728, 1°).

8° L'artère carotide interne rencontre d'abord perpendiculairement le rocher, puis elle s'infléchit dans son canal osseux, qu'elle remplit en entier, et avec le périoste duquel elle est unie d'une manière intime; voilà pourquoi il arrive souvent que la tête soit soulevée à chaque pulsation, quand, par l'effet de la maladie, le sang afflue en plus grande quantité vers elle (2). Mais ce qui arrive avec une violence insolite dans l'état anormal, doit avoir lieu aussi à un moindre degré dans l'état ordinaire; le sang qui heurte contre la paroi osseuse doit produire en elle une vibration qui occasione un tremblotement léger dans le cerveau. Le courant du sang peut fort bien déterminer aussi quelque chose d'analogue dans d'autres parties molles; seulement alors le phénomène est invisible, quoique susceptible d'être apprécié par l'oreille. Or, quand on met le doigt dans l'oreille, on entend un bruissement continuel, et l'on pourrait présumer qu'il dépend de l'oscillation déterminée dans le doigt par le cours du sang, s'il ne se rattachait pas peut-être en partie à une activité vivante des fibres musculaires. C'est un point sur lequel nous reviendrons plus tard.

Au reste, le mode d'action mécanique de la circulation

(1) Burdach, *loc. cit.*, t. III, p. 116.
(2) *Loc. cit.*, p. 32, 36.

paraît se perdre chez les animaux inférieurs ; les Insectes dont on a enlevé le vaisseau dorsal, ou chez lesquels on l'a rempli d'une substance étrangère, continuent de vivre tant que leurs organes sont baignés et imbibés de suc vital.

CHAPITRE II.

De l'action de l'organisme sur le sang.

§ 747. Nous avons déjà fait remarquer que la qualité du sang variait dans les deux sexes (§ 168, 1°), pendant la grossesse (§ 347, 2°), la vie embryonnaire (§ 464, 3° ; 467, 10°), la jeunesse (§ 539), l'âge avancé (§ 584, 1°) et le sommeil d'hiver (§ 612, 4°), attendu qu'elle est déterminée tant par le mode de formation du sang au moyen de la digestion et de la respiration, que par celui de la décomposition de ce liquide pendant la nutrition et la sécrétion. Mais, indépendamment de toutes ces circonstances, l'état de la vie dans le reste de l'organisme exerce une influence sensible. Le sang, par sa mobilité, établit une connexion entre les différentes parties du corps, et, de cette manière, sa qualité varie aussi suivant l'état des fonctions. Sa susceptibilité à cet égard, et en général sa grande variabilité, se manifestent surtout par les changemens qu'il subit fréquemment dans ses propriétés pendant même qu'il coule de la veine.

1° D'après Bellingeri (1), la portion qui s'écoule la première est la plupart du temps moins électrique, et, suivant Rossi (2), il arrive quelquefois qu'à une portion non électrique en succède une électrique, puis une autre qui ne l'est point.

2° La première portion est ordinairement plus foncée en couleur et plus dense. J. Davy a trouvé, chez divers animaux qu'il avait fait périr d'hémorrhagie, que la dernière portion était au moins d'un à deux millièmes (3), mais quelquefois aussi de cinq à sept (4) plus légère que la première ; de sorte

(1) Bulletin de la Soc. médic. d'Émulation, 1823, p. 643.

(2) *Ibid.*, p. 639.

(3) Heusinger, *Zeitschrift fuer die organische Physik*, t. II, p. 389.

(4) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. I, p. 130.

que, chez un Bœuf, par exemple, la pesanteur spécifique de la première était de 1058, et celle de la dernière de 1051.

3° La première portion se coagule plus tard que la dernière (§ 754, 5°).

4° La première donne plus de globules que celles qui viennent après; cependant la quantité de ces globules augmente dans les dernières portions. Ainsi, d'après Thackrah (1), la proportion du sérum au caillot a été, dans un cas, d'abord de 1 : 2,25, puis de 1 : 1,41, enfin, de 1 : 1,76; et, dans un autre cas, d'abord de 1 : 1,28, puis de 1 : 1,04, ensuite de 1 : 1,31; plus tard, de 1 : 1,13, et enfin de 1 : 1,19.

5° La première portion contient davantage de fibrine. Scudamore (2) a trouvé, dans mille grains de son caillot, douze grains de fibrine, tandis que la même quantité de caillot de la dernière portion ne lui en avait donné que six de fibrine. D'après les observations de Davy, la quantité de la fibrine tomba, pendant l'hémorrhagie, de 0,37 à 0,34, ou de 0,47 à 0,37, ou de 0,17 à 0,16, mais monta, dans un cas, de 0,36 à 0,40 (3). Lavagna a également trouvé d'abord beaucoup de fibrine dans le sang d'un Lapin, tandis qu'il n'y en avait presque plus pendant que l'animal se mourait (4).

6° Davy a reconnu aussi que le sérum de la première portion était plus épais que celui de la dernière, la pesanteur spécifique étant tombée de 1027 à 1022, ou de 1024 à 1018.

7° Souvent il se forme une couenne sur la première portion, tandis qu'il ne s'en produit pas sur la dernière. Hewson (5) cite plusieurs cas de ce genre, quelques uns, entre autres, dans lesquels le phénomène fut offert par le sang obtenu de saignées répétées le même jour, ce qui prouve que le sang se modifie pendant cette opération et à son occasion.

8° Gendrin (6) fait remarquer que, quand la saignée vient à être interrompue par une syncope, le sang qui coule ensuite

(1) *An inquiry into the natur of blood*, p. 100.
(2) *Versuch ueber das Blut*, p. 99
(3) Heusinger, *Zeitschrift fuer die organische Physik*, t. II, p. 389.
(4) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. IV, p. 154.
(5) *Experimental inquiries*, t. I, p. 53.
(6) Hist. anat. des inflammations, t. II, p. 439.

ne forme plus de couenne, qu'il donne un caillot plus mou et plus volumineux, et qu'une plus grande quantité de cruor se dépose dans le sérum.

Schrœder (1) cherche à expliquer ces phénomènes d'une manière mécanique ; il pense que les vaisseaux capillaires se rétrécissent pendant la saignée, qu'ils admettent par cela même moins de globules du sang, et qu'ils charrient plus de sérum dans les veines, de manière que le sang veineux devient plus aqueux, et que c'est à cette cause qu'on doit attribuer qu'il ne produit pas de couenne. Schrœder se fonde sur une observation d'après laquelle le sang de la veine cave d'un cadavre se coagula aussi tard et donna un caillot aussi ferme que la première portion du liquide obtenu par la saignée. Mais plusieurs des observateurs que nous avons cités ont remarqué ces phénomènes sur le sang artériel et non sur le sang veineux ; Lavagna, par exemple, les a vus sur le sang de la carotide. D'ailleurs, la diminution de la densité du sérum pourrait difficilement être expliquée par un rétrécissement des vaisseaux capillaires : ce rétrécissement lui-même, quand il a lieu réellement, est plutôt le résultat de l'application des vaisseaux à la masse diminuée du sang, qu'une constriction capable de mettre obstacle à la pénétration des globules. Schrœder dit encore, à l'appui de sa théorie, que, dans une forte saignée, le sang est rendu plus liquide par l'afflux de la lymphe, que, pendant l'agonie, la contraction de l'estomac le mêle avec du suc gastrique et de la bile, et que ces circonstances l'empêchent de se coaguler ; mais il serait bien difficile que, pendant la courte durée d'une saignée, assez de lymphe affluât dans le sang pour pouvoir produire ces phénomènes ; et l'admission d'un mélange de suc gastrique et de bile est une hypothèse trop forcée, pour qu'on puisse lui accorder la moindre confiance. Les expériences sur la coagulabilité du sang (§ 754) prouvent que ses qualités chimiques sont susceptibles d'être changées subitement par une modification quelconque de l'état de la vie, et, quoique les phénomènes ci-dessus mentionnés puissent dépendre

(1) *Diss. sistens sanguinis coagulantis historiam*, p. 53.

en partie de circonstances mécaniques, comme aussi de l'afflux d'autres liquides, ils n'en attestent pas moins avec quelle facilité le sang est apte à se laisser modifier par tout changement survenu dans l'état général de la vie.

ARTICLE I.

De la manière d'agir de l'économie sur le sang.

§ 748. L'action des parties environnantes sur le sang doit être ou mécanique ou chimique, c'est-à-dire se rapporter ou à l'étendue dans l'espace, ou à la constitution de la substance. Mais, dans l'un comme dans l'autre cas, une réciprocité d'action est tout aussi bien la cause que l'effet de cette influence matérielle.

I. Action mécanique.

Quant à ce qui concerne les rapports mécaniques,

1° Nous avons trouvé que le cœur accomplit la circulation par sa force propre et sans le concours d'aucune autre, si ce n'est la force mécanique des vaisseaux (719-723). Comme les vaisseaux ne sont pas doués seulement d'une élasticité exaltée par la vitalité, c'est-à-dire de la tonicité, mais possèdent aussi en partie la force musculaire (§ 732-737), et que nous ne saurions admettre l'inaction complète de cette dernière, il est très-probable qu'elle a pour but d'exercer une compression sur le sang. Le sang distend les artères au-delà du diamètre donné par leur cohésion, il met des bornes à la manifestation de leur élasticité, et plus encore à leur force musculaire, qui tend à faire qu'elles se resserrent davantage; mais sa propre force expansive est limitée à son tour par la réaction des artères, et de là résulte, entre les deux parties constituantes du système sanguin, une tension en vertu de laquelle la vitalité se trouve exaltée. En effet, toute force quelconque n'est déterminée à se manifester que par celle qui lui fait antagonisme, et lorsque entre deux forces opposées existe un conflit tel qu'aucune des deux ne puisse vaincre l'autre, mais que la manifestation de chacune rencontre des obstacles qui l'empêchent d'atteindre à son but et de s'épuiser, il résulte

de là une activité plus énergique, que nous désignons sous le nom de tension. Maintenant le contenu en sang des artères varie; car, d'un côté, la quantité du sang en général augmente durant un certain laps de temps après la digestion, et diminue ensuite plus ou moins par l'effet de l'abondance plus ou moins grande des sécrétions; d'un autre côté, de même que l'activité vitale subit des variations dans divers organes, de même aussi telles ou telles artères reçoivent plus de sang à certaines époques que dans d'autres temps, et en soustraient à d'autres une quantité correspondante; en outre, la force expansive du sang lui-même peut augmenter ou diminuer sous l'influence de la vie et de ses conditions extérieures, notamment de la température. Or les artères s'adaptent au sang, comme la peau à la chair, et, en vertu de leur force motrice, elles le suivent dans toutes ses variations, de sorte que la tension se trouve maintenue constamment, même après une grande perte accidentelle de sang (§ 743, 2°). Pour employer un langage figuré, le sang et l'artère se cherchent l'un l'autre comme des parties aspirant mutuellement à se compléter; le sang fait effort de dedans en dehors vers sa paroi, et l'artère de dehors en dedans vers son contenu, d'où il suit que ce rapport de part et d'autre réalise l'unité vivante des deux membres constituans du système sanguin.

2° La mécanique, dit Arnott (1), évite tout mouvement saccadé, afin d'épargner le frottement. De même, tous les organes font preuve d'un mouvement doux, à l'exception du cœur; il faut donc que l'action saccadée de ce dernier ait un but particulier. Ce but peut consister dans l'ébranlement des organes (§ 746, 7°); mais on se demande si l'ébranlement simultané du sang n'aurait point aussi une influence considérable sur ce liquide. Il n'est pas encore certain que tous les Insectes, notamment à l'état parfait, aient un système vasculaire complet. Strauss (2), dans ses belles recherches sur le Hanneton, a découvert, à la partie postérieure du vaisseau

(1) *Elemente der Physik*, t. I, p. 490.

(2) Considérations générales sur l'anatomie des animaux articulés p. 357.

dorsal, huit ouvertures latérales, qui, pendant la diastole, s'ouvrent et pompent le sang de la cavité abdominale, puis se ferment au moyen de valvules durant la systole ; celle-ci chasse le liquide dans l'artère qui sort de la partie antérieure du vaisseau dorsal pour aller gagner la tête. D'après cela, la pulsation du cœur ne pourrait ici ni se rapporter à la propulsion du sang, ni opérer un ébranlement des organes. Mais, en tout cas, les vaisseaux sont si peu communs chez les Insectes, que la plus grande partie du suc vital baigne immédiatement les organes, et de cette manière il n'y en a qu'une très-petite partie qui, pendant la diastole du vaisseau dorsal, soit poussée de la région antérieure de celui-ci dans l'artère, tandis que la plus considérable reflue en arrière. Or, de même que nous voyons ici une fluctuation continuelle du sang, de même aussi nous en découvrons une analogue partout, sous quelque forme que le cœur apparaisse ; ainsi, par exemple, chez les animaux vertébrés, le sang contenu dans les ventricules est alternativement poussé vers la pointe et vers la base (1). Puisqu'elle repose sur une loi générale (§ 593, 3°), cette fluctuation (§ 714, 6°) ne peut point être sans but. Tout porte à croire, comme l'a surtout développé Legallois (2), qu'elle tend, du moins en partie, à mêler le sang. Comme le sang subit, dans chaque organe à la nutrition ou à la sécrétion duquel il sert, une métamorphose spéciale et proportionnée à sa nature particulière, les différentes sortes de sang doivent se rencontrer dans le cœur droit, et là, en effet, nous trouvons portées à un haut degré de développement les conditions mécaniques qui rendent possibles ce mélange et cette réduction en une masse homogène. D'abord, les courans opposés de la veine cave supérieure et de la veine cave inférieure se rencontrent, quoique celui de la première ne porte en partie que sur le tubercule de Lower ; en second lieu, le reflux du sang du ventricule dans l'oreillette et de celle-ci dans les troncs veineux est plus fort qu'au côté gauche du cœur ; enfin les saillies et les dépressions sont plus considérables, par conséquent

(1) Haller, *Opera minora*, t. I, p. 61.
(2) Œuvres, t. I, p. 324.

le contact du sang avec les parois a lieu sur des surfaces plus étendues et plus multipliées. Cependant ces dispositions existent également, mais à un moindre degré, dans le cœur gauche, quoiqu'il ne reçoive son sang que des poumons; les veines pulmonaires se rencontrent horizontalement et non perpendiculairement, et si le reflux dans leur intérieur, si l'inégalité de la surface interne du cœur, due à la saillie des colonnes charnues, se réduisent à peu de chose, on les observe néanmoins. Legallois croit que la nécessité du mélange tient ici à ce que la respiration ne se fait pas d'une manière uniforme dans toutes les parties des poumons, parce qu'en l'entretenant d'une manière artificielle chez les animaux mis à mort, il a vu le sang rester parfois noir dans certains points de l'organe pulmonaire. Mais vouloir tirer de cette observation une conclusion applicable à l'état normal de la vie, paraît être une chose très-hasardée, et l'on peut présumer, à ce qu'il nous semble, que l'agitation des globules et de la sérosité du sang dans le cœur n'est que la représentation à un plus haut degré de l'action vivante exercée par les parois (§ 749-751).

II. Action chimique.

§ 749. Le sang ne conserve sa constitution et sa consistance normale qu'aussi long-temps qu'il est renfermé dans les vaisseaux vivans. Il peut bien couler pendant quelques instans dans des canaux morts sans éprouver de changement notable; ainsi, dans des expériences de transfusion, King (1) a employé, sans qu'il en résultât aucun inconvénient, trois tuyaux de plumes insérés l'un dans l'autre, Rosa (2) un tube de cuir, et Tietzel (3) un bout d'artère détaché du corps d'un autre animal. Blundell (4) a même vu que, quand il recevait le sang d'un Chien dans une tasse, le laissait reposer pendant quelques secondes, en remplissait ensuite une seringue, et l'injectait dans la veine, la vie de l'animal ne se trouvait pas compromise : ainsi, au

(1) Scheel, *loc. cit.*, t. I, p. 170.
(2) *Ibid.*, t. II, p. 141.
(3) Dieffenbach, *loc. cit.*, p. 27.
(4) *Researches*, p. 99.

moyen d'un tube et d'une seringue ayant ensemble dix-huit pouces de long, il fit passer le sang d'une artère crurale dans une veine du même nom, ou d'une veine jugulaire dans la carotide, et la quantité de liquide qu'il déplaçait allait même jusqu'à égaler le poids total de l'animal, de manière que le même sang avait dû traverser plusieurs fois les canaux inertes. Mais il remarqua, dans toutes ces expériences (1), que, pendant la durée de l'opération, et même deux ou trois jours après, les animaux éprouvaient de la lassitude, et qu'ils avaient les pulsations du cœur et la respiration irrégulières ou faibles, d'où il conclut avec raison que le sang ainsi transfusé était au moment de se décomposer et avait besoin de subir une nouvelle assimilation pour être apte à maintenir les conditions normales de la vie. La même chose a vraisemblablement eu lieu aussi lorsque Dieffenbach employa du sang battu, passé à travers un linge, et même retiré depuis deux heures de la veine, pour ranimer des animaux qu'il avait asphyxiés par une hémorrhagie épuisante.

Une substance aussi variable que le sang ne peut acquérir une existence permanente et demeurer semblable à elle-même, qu'à la condition d'un renouvellement continuel de ses matériaux. Or la nutrition et la sécrétion font sortir du sang des parties solides diverses et des liquides particuliers ; il abandonne donc une portion de sa substance, et par conséquent se décompose. Mais on ne peut point supposer que cet effet n'ait lieu que d'un seul côté, que le sang se contente de donner, sans recevoir aussi, et qu'il ne fasse qu'agir au dehors de lui, sans être lui-même affecté. Loin de là nous sommes obligés de supposer, jusqu'à ce que l'observation en ait donné la preuve directe, qu'entre le sang et le reste de l'organisme a lieu un échange mutuel de matériaux, par le moyen duquel tous deux sont maintenus dans leur intégrité. Cette hypothèse n'entrerait en contradiction avec l'expérience qu'autant qu'on la pousserait à l'extrême, en prétendant que le sang est à chaque instant détruit et créé de nouveau dans toute sa masse (§ 700, 3°). Par la continuité de sa décompo-

(1) *Ibid.*, p. 104-115.

sition et de sa reproduction le sang ne se maintient pas autrement que le corps animal tout entier; à chaque instant il abandonne une partie de ses matériaux intégrans, et reçoit en échange des substances étrangères, qu'il incorpore dans sa masse.

ARTICLE II.

Influence de l'organisme sur les qualités du sang.

I. Effets habituels de l'organisme sur le sang.

A. *Influence sur la liquidité du sang.*

§ 750. L'effet le plus évident de l'influence que la vie exerce sur le sang, consiste dans le maintien de son état liquide. La coagulation est une décomposition ayant pour résultat que la fibrine se sépare du sérum (§ 689, 11°), entraînant avec elle le cruor, de manière que le sang perd sa constitution primordiale, celle sans laquelle il ne peut entretenir la vie, et devient une masse morte, soumise à la décomposition chimique. On ne peut donc pas voir en elle, comme l'ont fait Hunter, Magendie (1) et quelques autres physiologistes, un phénomène vital analogue à la nutrition ou à la réunion des plaies, et se manisfestant par une attraction réciproque de parties séparées, mais bien plutôt, comme le disait déjà Harvey, une mort du sang, qui a lieu quand ce liquide sort du cercle de la vie générale. Tout, dans la vie, maintient son caractère propre; donc le sang aussi demeure liquide, dans l'organisme, par antagonisme avec les tissus solides, et devient par là apte à entrer en conflit vivant avec ces derniers. Cependant cette vue ne nous suffit pas, et nous éprouvons le besoin de l'approfondir davantage, en cherchant à connaître les moyens par lesquels le sang conserve sa liquidité. Or nous avons vu (§ 670, 2°, 3°) que la coagulation ne tient ni à la constitution chimique, ni à la température de l'air atmosphérique; ce n'est donc ni par le fait de sa clôture, ni par l'influence de la chaleur animale, que le sang demeure liquide.

1° Le sang se coagule dans le corps vivant même lorsqu'il

(1) Précis élémentaire, t. II, p. 207.

cesse de marcher, soit que, comme à la suite de contusions ou d'opérations chirurgicales, il s'épanche dans le tissu cellulaire ou dans des cavités, celle par exemple de la matrice, soit qu'une ligature arrête son cours dans les artères, comme l'avait déjà vu Lancisi (1), ou dans les veines, comme l'a remarqué Hewson (2), soit enfin que son mouvement ait été seulement ralenti. C'est ainsi qu'il se forme, dans les artères devenues anévrysmatiques, des couches de sang coagulé, dont les premières produites, qui occupent l'extérieur, sont les plus consistantes, et en dedans desquelles de nouvelles viennent sans cesse s'appliquer. La concrétion peut même finir par obstruer complétement l'artère, et prévenir ainsi les conséquences mortelles de la maladie, comme le ferait une opération de chirurgie; Meckel (3) en cite quelques exemples. Lauer (4) a aussi trouvé des caillots solides de sang dans des veines variqueuses. Mais ces sortes de concrétions s'observent également dans les vaisseaux sans qu'il y ait aucun obstacle à la circulation; Laennec (5), entre autres, en a rencontré dans des veines et des artères, qu'elles obstruaient, et elles y formaient des masses blanches et fermes à l'extérieur, jaunâtres et molles à l'intérieur. Ici se rangent les espèces de bouchons qui, après la section d'une artère, s'étendent depuis la plaie jusqu'à la branche la plus voisine. Des concrétions analogues, qu'on désigne alors sous le nom de polypes, se produisent fréquemment dans le cœur, lorsque l'agonie est longue; cet organe s'affaiblit peu à peu, de manière que le sang n'éprouve plus qu'un mouvement lent ou une sorte de fluctuation dans son intérieur. Mais elles peuvent aussi se développer pendant la vie; alors elles acquièrent une densité plus grande, deviennent plus fibreuses, renferment quelquefois une certaine quantité de sang non altéré, s'unissent avec le cœur, et en dépriment les colonnes charnues, cas dans

(1) Haller, *Element. physiol.*, t. II, p. 20.

(2) *Experimental inquiries*, t. I, p. 20.

(3) *Handbuch der pathologischen Anatomie*, t. II, p. 251.

(4) Hecker, *Literarische Annalen der gesammten Heilkunde*, t. XVIII, p. 301.

(5) Traité de l'auscultation médiate, t. III, p. 291, 292.

lequel, d'après Laennec, les battemens du cœur deviennent tellement anormaux, obscurs et confus, qu'on ne peut les analyser (1). Ces concrétions polypiformes se voient principalement dans le cœur droit, parce que c'est sur lui que la difficulté de la circulation dans les vaisseaux capillaires des poumons réagit d'une manière immédiate (*). Ainsi le sang ne se coagule nulle part que quand sa marche rencontre des obstacles et subit un ralentissement. Mais, comme le mouvement en lui-même n'empêche pas la coagulation (§ 670, 4°), ce doit être le mouvement vivant, celui que produisent l'action du cœur et la réaction des autres organes, qui maintienne le sang liquide.

2° Cependant il arrive souvent au sang de conserver sa liquidité, même sans mouvement, pourvu qu'il soit en contact vec des parties vivantes.

Ainsi, par exemple, celui qu'une Sangsue a pompé demeure liquide pendant plusieurs semaines, suivant Hunter, et quand on tue alors l'animal, il se coagule encore, au dire de Scudamore (2), tandis que, selon Thackrah (3), ce phénomène n'a lieu qu'autant que la Sangsue périt pendant le cours même de la succion.

Fréquemment le sang stagne dans certains vaisseaux sans se coaguler; il peut même, sans perdre sa liquidité, n'exécuter pendant long-temps qu'un mouvement faible et à peine sensible, soit dans une partie du corps, par exemple chez les hommes atteints de priapisme, soit dans le système vasculaire entier, comme durant l'asphyxie et chez les animaux engourdis par le sommeil d'hiver.

Enfin, il n'y a pas jusqu'au sang épanché qui résiste à la coagulation dans le corps vivant. Chez un malade dans la tunique vaginale duquel la ponction d'une hydrocèle avait déterminé un épanchement de sang, Hunter trouva, deux mois après, ce liquide un peu épaissi, mais encore liquide; il ne

(1) *Loc. cit.*, p. 299.

(*) Consultez, sur l'histoire de ces concrétions, Bouillaud, Traité clinique des maladies du cœur, t. II, p. 607.

(2) *Versuch ueber das Blut*, p. 107.

(3) *Inquiry into the nature and properties of the blood*, p. 66.

tarda pas à se coaguler après avoir été amené au dehors. En expérimentant sur des Chiens, hors du corps desquels sept minutes suffisaient pour amener la coagulation complète du sang, Hewson (1) remarqua que, dans la veine jugulaire embrassée par une ligature, il n'avait pas changé d'aspect au bout de dix minutes, et était encore liquide en grande partie au bout de dix heures. Des observations analogues ont été faites par Scudamore (2) et Thackrah (3). Dans les cas rapportés précédemment (1°), ce n'était donc pas au défaut de mouvement, mais bien à celui d'une influence vivante simultanée, que la coagulation se rapportait.

Le sang conserve aussi plus long-temps sa liquidité quand on le laisse dans l'intérieur du corps mort que lorsqu'on l'en retire. Autenrieth avait déjà remarqué ce phénomène; il ajoute même que le caillot ne devient point aussi ferme dans le cadavre, et qu'une partie du cruor s'y mêle avec le sérum (4). Thackrah (5) a trouvé le sang encore liquide dans le cœur d'un Bœuf mort depuis une demi-heure, et il l'a vu se coaguler après deux minutes d'exposition à l'air. Les vaisseaux même séparés du corps exercent encore une influence vivante, que Hewson (6) a remarquée le premier; le sang contenu dans la veine jugulaire liée et séparée du corps d'un animal qu'il venait de mettre à mort, était encore liquide au bout d'une demi-heure ou de trois quarts d'heure, et se coagulait dès qu'on l'exposait à l'air. Thackrah (7) a reconnu, dans plusieurs expériences, que le sang contenu dans une veine enlevée à un animal vivant, demeurait liquide pendant une demi-heure au moins, tandis que du sang d'animaux ou d'hommes vivans, introduit dans la veine d'un animal tué depuis trois ou quatre jours, était complétement coagulé au bout d'un quart d'heure : il a vu (8) le sang liquide encore une

(1) *Experimental inquiries*, t. I, p. 18.
(2) *Loc. cit.*, p. 45.
(3) *Loc. cit.*, p. 61.
(4) *Medicinisch-chirurgische Zeitung*, 1794, t. III, p. 338.
(5) *Loc. cit.*, p. 58.
(6) *Experimental inquiries*, t. I, p. 72.
(7) *Loc. cit.*, p. 76.
(8) *Loc. cit.*, p. 77.

demi-heure après l'opération dans une veine enlevée à un Chien vivant, au lieu qu'un quart d'heure suffisait pour opérer la coagulation de celui d'un autre Chien vivant qu'il avait introduit dans la veine cave extraite du cadavre quinze heures après la mort. Si toutes ces observations démontrent que le sang est maintenu liquide par la vitalité des parties qui l'entourent, elles font concevoir aussi pourquoi, comme l'ont observé entre autres Hunter et Thomson (1), les vaisseaux d'un membre frappé de sphacèle sont pleins de sang coagulé; l'hypothèse de quelques pathologistes, qui prétendent qu'alors la gangrène est la suite de la coagulation, a donc au moins le défaut de ne pas s'appliquer à tous les cas.

3° On dit que le sang est maintenu liquide par les nerfs. Mais cette explication semble ne faire qu'envelopper la question d'une obscurité mystique, car nous ne concevons pas comment les nerfs produiraient un pareil résultat. Schrœder a trouvé des caillots dans les vaisseaux après la destruction du cerveau et de la moelle épinière (2). Quand Fontana avait blessé et piqué les nerfs, il rencontrait du sang noir et caillé dans le cœur. Mayer a vu des coagulations se manifester après la section du nerf pneumo-gastrique. Wedemeyer (3) admet aussi que, dans la gangrène et certains empoisonnemens, c'est la seule paralysie des nerfs qui amène la coagulation du sang. Mais, de ces observations, il suit seulement que la vitalité qui entretient l'état liquide du sang peut être détruite par la lésion du système nerveux, et non que ce dernier soit la cause immédiate de la liquidité de ce fluide. La circulation continue encore pendant quelque temps après la destruction du cerveau et de la moelle épinière, et l'on peut également l'entretenir, à l'aide d'une respiration artificielle, après avoir frappé la vie sensitive de stupeur et de paralysie par un coup porté sur la tête. La circulation est fort lente, et, suivant toutes les apparences, fréquemment interrompue, dans les larges veines du diploé, qui ont entre elles des anastomoses fort multipliées,

(1) Traité médico-chirurgical de l'inflammation, Paris 1827, in-8°, p. 577.

(2) *Diss. sistens sanguinis coagulantis historiam*, p. 86-89.

(3) *Untersuchungen*, p. 244, 343.

et quoiqu'il n'y ait point ici de nerfs sur les parois, cependant la coagulation du sang n'a pas lieu. Le cordon ombilical, avec le placenta fœtal, est aussi long, sinon même plus, que le corps de l'embryon, et il ne contient point de nerfs; le sang y conserve néanmoins sa liquidité, et les expériences de Thackrah (1) ont démontré que les vaisseaux de ce cordon sont tout aussi propres que d'autres vaisseaux vivans quelconques à maintenir la liquidité du sang qu'il renferme. Nous devons donc présumer que, dans les parties qui possèdent des nerfs, ceux-ci ne contribuent à entretenir l'état liquide du sang qu'en raison de l'influence qu'ils exercent sur l'activité vitale des organes.

4° Dans les expériences citées précédemment (§ 749), où du sang qui était sur le point de se coaguler avait été injecté dans les vaisseaux d'un animal vivant, il a fallu que la fibrine, qui commençait à devenir cohérente, repassât peu à peu à l'état liquide. Home, en plongeant une aiguille rougie au feu dans un anévrysme, détermina une coagulation instantanée du sang que renfermait la tumeur (2), de sorte que celle-ci devint dure et cessa de battre; mais, au bout de quelques jours, l'anévrysme était dans le même état qu'auparavant; le sang coagulé avait donc dû se liquéfier de nouveau. La sérosité du sang ne peut point opérer cette liquéfaction d'une manière chimique; car, d'un côté, nous voyons le caillot y conserver son état solide, et d'un autre côté, un caillot emprisonné dans un point du corps vivant auquel ne parvient aucun courant de sang, repasse à l'état liquide, ce qui suppose l'afflux d'un liquide provenant des alentours. Le caillot renfermé dans une artère sur laquelle une ligature a été appliquée, ou extravasé dans le tissu cellulaire, disparaît au bout de quelques jours; il est liquéfié et absorbé. Les concrétions qu'on trouve dans les anévrysmes et beaucoup de celles qu'on observe dans le cœur ont leurs couches externes, celles qui avoisinent les parois, plus fermes, plus sèches et plus pâles que les internes; il faut donc que les parties environnantes

(1) *Loc. cit.*, p. 66.

(2) *Lectures on comparative anatomy*, t. V, p. 105.

aient absorbé de l'humidité et du cruor. Mais quelquefois aussi il se forme, autour du caillot, un kyste qui sécrète un liquide séreux, ou qui s'organise; dans ce dernier cas, il acquiert des courans sanguins et des vaisseaux qui se mettent en rapport avec ceux de la paroi, il secrète, se nourrit et vit à l'instar de toute autre partie organique (1). Il n'est pas possible de méconnaître un renouvellement de matériaux dans tous ces phénomènes, et l'on ne saurait mettre en doute qu'il s'en opère un aussi pendant la vie, que par conséquent le sang abandonne sans cesse une portion de ses principes constituans, notamment de sa fibrine, aux parties environnantes, qui lui rendent d'autres substances en échange, et que c'est là ce qui l'entretient dans son état normal de liquidité. A la vérité, ce renouvellement de matériaux ne peut être observé d'une manière immédiate, et ne tombe point sous les sens; mais la même chose a lieu pour la nutrition des parties solides du corps, qu'on ne conclut non plus que du maintien des proportions relatives au volume, et qui n'en est cependant pas moins certaine.

5° C'est incontestablement de la même manière que les globules du sang se maintiennent, quoique nous n'en puissions rien voir, et que loin de là même, il nous soit possible de les suivre dans leur progression, sans remarquer en eux nul changement. On a admis que le sang reste liquide parce que la fibrine est emprisonnée dans les globules et isolée par leur enveloppe, consistant elle-même en cruor; mais les faits qui ont été exposés plus haut (§ 689) renversent cette hypothèse. Nous ne pouvons pas non plus accorder aux globules une force conservatrice propre et indépendante, puisque, à part leur forme limitée, ils ne montrent aucune trace d'individualité; tout annonce d'ailleurs que, quand ils prennent ou reprennent leur configuration (§ 688, 2°, 689, 5°), ils se comportent d'une manière purement passive, et ne font qu'obéir à l'impulsion des forces motrices qui agissent sur eux. Leur fusion est tout-à-fait différente de la coagulation; car elle cesse ins-

(1) Meckel, *Handbuch der pathologischen Anatomie*, t. II, p. 103. — Andral, Précis d'anat. pathologique, t. I, p. 532.

tantanément au retour du mouvement, tandis qu'il faut un travail plastique de plusieurs jours pour faire repasser la fibrine à l'état liquide quand elle a été coagulée. Ces changemens dépendent uniquement des forces motrices; or nous avons vu que les globules du sang ont une affinité adhésive les uns pour les autres (§ 739, 1°), mais ils font preuve d'une affinité plus puissante encore pour les masses des parties solides (§ 758); nous devons donc admettre que l'attraction des parois vasculaires et, pendant la circulation, celle des organes situés à l'extérieur de ces parties, agissent sur les globules du sang individuellement et les maintiennent isolés les uns des autres, qu'au contraire, dans le sang devenu stagnant, où cette force attractive a cessé d'agir, les globules peuvent manifester leur attraction mutuelle et par cela même se confondre les uns avec les autres.

Meyen dit avoir vu que, dans les cas de suspension de la circulation, les globules du sang se dissolvaient dans la sérosité, la rendaient trouble, et s'en séparaient de nouveau quand la circulation venait à recommencer (1). Mais cette observation repose sans doute sur quelque erreur, car personne n'a jamais rien vu de semblable, et l'on sait que les globules frais sont insolubles dans la sérosité du sang.

B. *Influence sur le caractère général du sang.*

§ 751. Dans les veines pulmonaires et le système aortique, le sang a une couleur rouge vermeille, qui se rapproche de l'écarlate; dans le système des veines caves et l'artère pulmonaire, il est d'un rouge foncé, analogue à celui de la merise, ce qui fait que, par opposition avec le précédent, on dit qu'il est noir. Nous avons déjà dit que le sang vermeil reçoit aussi l'épithète d'artériel, et le sang noir celle de veineux (§ 743). De soi-même il est déjà vraisemblable que les deux courans ne diffèrent pas seulement sous le point de vue de la couleur, et que leurs autres propriétés ne sont pas non plus les mêmes; mais cette différence est très-délicate, et la grande variabilité du sang la rend extrêmement difficile à saisir, de manière que

(1) *Isis*, 1828, p. 402.

nos connaissances actuelles à son égard pourront paraître presqu'aussi peu avancées qu'elles l'étaient du temps de Haller (1).

1. PHÉNOMÈNES DE LA VÉNOSITÉ.

1° Le sang veineux est plus dense que le sang artériel, et il a une pesanteur spécifique plus considérable. La proportion est de 1414 : 1404, selon Hammerschmidt (2); de 1054 : 1050, terme moyen d'après les recherches de J. Davy sur des Brebis, des Bœufs, des Veaux et des Chiens; de 1056 : 1053, chez l'homme, suivant Scudamore (3). Cependant plusieurs écrivains disent le sang veineux plus léger; sa pesanteur spécifique serait à celle du sang artériel comme 1000 : 1428, d'après Boissier, 1000 : 1019 — 1036 selon Hamberger, et 1031 : 1049 suivant Magendie.

J. Davy dit que la proportion entre la pesanteur spécifique du sérum de sang veineux et celle du sérum de sang artériel, est de 1026 : 1025, terme moyen (4).

2° Le sang veineux est moins chaud, de trois à quatre degrés du thermomètre de Fahrenheit, d'après Schwenke (5), d'un à deux selon J. Davy (6), qui a plongé l'instrument dans la carotide et la veine jugulaire de différens animaux, d'un degré et demi à trois, chez l'homme, suivant Krimer (7), et d'un degré seulement d'après Scudamore (8). On a pensé que cette différence tenait à ce que la situation plus superficielle des veines et l'épaisseur moins considérable de leurs parois permettaient davantage à l'air extérieur de refroidir le sang veineux; mais J. Davy a constaté qu'elle avait lieu également entre le contenu du cœur droit et celui du cœur gauche. Jurine n'admettait aucune différence entre les deux sangs; Co-

(1) *Element. physiolog.*, t. II, p. 10.
(2) *Ibid.*, p. 9.
(3) *Versuch ueber das Blut*, p. 32.
(4) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. I, p. 129.
(5) Haller, *loc. cit.*, t. II, p. 8.
(6) *Loc. cit.*, p. 109.
(7) *Physiologie des Blutes*, p. 242.
(8) *Versuch ueber das Blut*, p. 32, 41.

leman, Cooper et Martini prétendaient que, quand il y en a une, le sang veineux est un peu plus chaud.

A l'égard de la capacité pour le calorique, J. Davy la dit aussi un peu moins forte dans le sang veineux. Cependant la différence se réduit presque à rien, ou même est tout-à-fait inappréciable.

3° Sous le rapport électrique, Bellingeri dit que le sang veineux est toujours animé de la même électricité que le sang artériel chez les Oiseaux et les Chevaux, qu'il l'est quelquefois chez les Brebis et les Veaux, que parfois il est à l'état négatif, l'autre sang étant positif, mais que jamais l'inverse n'a lieu. D'après cela, il pense que l'état négatif du sang veineux et positif du sang artériel constitue la règle, qu'on ne peut seulement pas toujours constater (1).

4° Le sang veineux se putréfie plus vite que le sang artériel, suivant Thackrah (2); plus tard, au contraire, selon Krimer (3) et Kœnig (4).

5° Il a moins de tendance à se décomposer, et se coagule plus lentement; son caillot abandonne plus tard du sérum, et reste mou plus long-temps, remarque qu'avait déjà faite Autenrieth (5). La différence a été d'une à quatre minutes chez des Agneaux selon J. Davy (6), d'une demi-minute chez des Veaux et des Chèvres d'après Berthold (7), d'une minute et demie chez des Moutons et des Chiens, et de deux minutes chez l'homme, suivant Blundell (8). Thackrah seul (9) dit avoir observé un rapport inverse.

6° Au dire de Mayer (10), de Blainville (11), de Denis (12) et

(1) *Experimenta in electricitatem sanguinis*, p. 15-18.

(2) *Loc. cit.*, p. 6.

(3) *Loc. cit.*, p. 208.

(4) *Experimenta circa sanguinis inflammatorii et sani qualitatem diversam*, p. 8.

(5) *Medicinisch-chirurgische Zeitung*, 1794, t. III, p. 339.

(6) *Loc. cit.*, p. 122.

(7) *Beitræge zur Anatomie*, p. 248.

(8) *Researches*, p. 130.

(9) *Loc. cit.*, p. 42.

(10) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. III, p. 537.

(11) Cours de physiologie générale, t. I, p. 219, 251.

(12) Recherches expérimentales sur le sang humain, p. 253.

autres, le sang veineux donne moins de caillot et plus de sérum que le sang artériel. La proportion du caillot au sérum a été, chez un Chat, de 1163 : 8837 pour le sang veineux, et de 1184 : 8816 pour le sang artériel; chez une Brebis, de 861 : 9131 pour le premier, et de 935 : 9065 pour le second; chez un Chien, d'après Denis, de 970 : 9300 pour le premier, et de 995 : 9005 pour le second. Krimer seul (1) émet une opinion contraire, qui avait déjà été autrefois celle de Hamberger.

7° Le sang veineux contient moins de fibrine. Le rapport entre lui et le sang artériel, sous ce point de vue, a été, chez des Chevaux, d'après Mayer (2), de 78 : 134, ou de 80 : 125, ou de 33 : 43; chez une Brebis, suivant Prevost et Dumas, de 861 : 935; chez un Chien, selon Denis, de 24 : 25; d'après Berthold (3), chez des Chèvres, de 366 : 429; chez des Chats, de 474 : 521; chez des Moutons, de 475 : 566, et chez des Chiens de 500 : 666. Du reste, Emmert (4) prétend que la fibrine veineuse est plus molle. Mayer (5) assure qu'elle est bien plus atténuée, comme hachée, et intimement unie au cruor, tandis que l'artérielle est réunie en plus gros faisceaux, et séparable en totalité du cruor. Berthold (6) dit que, dans le sang veineux, le cruor se sépare plus facilement, mais moins complétement, de la fibrine.

Sigwart avait prétendu que le sang veineux contenait davantage de fibrine, parce qu'il la recevait des muscles, dans lesquels, suivant lui, cette substance se produisait. En effet, chez un Chien, Lassaigne a trouvé 2,10 parties de fibrine dans mille de sang veineux, tandis que la même quantité de sang artériel ne lui a donné que 2,09 de cette substance (7).

8° Selon Prevost et Dumas, Wedemeyer (8), Denis (9) et

(1) *Loc. cit.*, p. 248.
(2) *Loc. cit.*, p. 534.
(3) *Beitræge zur Anatomie*, p. 251.
(4) Reil, *Archiv fuer die Physiologie*, t. XI, p. 124.
(5) *Loc. cit.*, p. 538.
(6) *Loc. cit.*, p. 248.
(7) Journal de chimie radicale, t. I, p. 34.
(8) *Untersuchungen*, p. 246.
(9) *Loc. cit.*, p. 266.

Pallas (1), il y a moins de globules ou de cruor dans le sang veineux que dans le sang artériel. Mayer (2) soutient le contraire.

9° D'après Denis (3) et Blainville (4), le sang veineux contient davantage d'albumine (5,86 : 5,70) et une plus grande proportion d'osmazome, avec des sels (1,20 : 1,10). Cependant le contraire a été soutenu aussi, et l'on a trouvé la proportion entre le sang veineux et le sang artériel, eu égard à l'albumine et aux sels, de 879 : 909 dans un Chat, 745 : 878 dans un autre, et 775 : 772 dans une Brebis. Lassaigne a rencontré, dans le sérum desséché du sang veineux d'un Chien, plus de sels (12,5 : 11,5) et moins d'albumine (87,5 : 88,5).

10° Le sang veineux est plus riche en eau et plus pauvre en parties solides, d'après Autenrieth (5), Denis (6) et Pallas. Ce dernier dit que la proportion des parties solides à l'eau était, chez un homme, dans le sang veineux, de 2,550 : 17,400, dans le sang extrait à l'aide des ventouses scarifiées, de 3,000 à 17,400, et dans le sang pompé par les sangsues, de 3,100 : 17,350 ; chez un autre homme, la proportion était, dans le sang veineux, de 2,550 : 18,800, et dans le sang artériel des vaisseaux capillaires, de 2,650 : 18,500. D'après un troisième observateur, la proportion était, chez une Brebis, dans le sang veineux, de 16,36 : 83,04, et dans le sang artériel, de 17,07 : 82,93 ; chez un Chat, dans le sang veineux, de 17,41 : 82,59, et dans le sang artériel, de 17,65 : 82,35 ; chez un autre, dans le sang veineux, de 19,08 : 80,92, et dans le sang artériel, de 19,62 : 79,38 ; la proportion était aussi, dans le sérum du sang veineux, de 9,60 : 90,40, et dans celui du sang artériel, de 10,00 : 90,00.

D'un autre côté, Abilgaard a obtenu, en résidu sec, du sang veineux vingt-six parties, et du sang artériel vingt-cinq, c'est-à-dire vingt-trois centièmes du premier et dix-huit du

(1) Journal de chimie médicinale, t. IV, p. 465.
(2) *Loc. cit.*, p. 334.
(3) *Loc. cit.*, p. 353.
(4) *Loc. cit.*, t. I, p. 251.
(5) *Handbuch der Physiologie*, t. I, p. 316.
(6) *Loc. cit.*, p. 285.

second. Lassaigne a trouvé 84,3 centièmes d'eau dans le sérum du sang veineux, et 89,8 dans celui du sang artériel. Enfin J. Davy est tenté aussi d'admettre une moindre proportion d'eau dans le sang veineux. Suivant Chevreul, la fibrine de ce sang contient moins d'eau, et la retient avec plus de force, ou la laisse échapper moins facilement; en effet, 100 parties de cette substance se réduisirent à 25,70 par la dessiccation au grand air, et à 21,05 sous le récipient de la machine pneumatique, tandis que 100 parties de fibrine du sang artériel se réduisirent, dans le premier cas, à 21,10, et dans le second à 19,55.

11° La proportion des élémens est fixée de la manière suivante par Michaelis :

	Carbone	Azote	Hydrogène	Oxygène.
Albumine veineuse	52,652	15,505	7,359	24,484.
— artérielle	53,009	15,562	6,993	24,436.
Cruor veineux	53,231	17,392	7,711	21,666.
— artériel	51,382	17,253	8,354	23,011.
Fibrine veineuse	50,440	17,267	8,228	24,065.
— artérielle	51,374	17,587	7,254	23,785.

D'après cela, le sang veineux, envisagé d'une manière générale, contient davantage de carbone et d'hydrogène, mais moins d'azote et d'oxygène. La prédominance du carbone dans sa composition avait été constatée par plusieurs expérimentateurs, entre autres Luzuriaga et H. Davy, mais révoquée en doute par Brande (2). Abilgaard prétendait également qu'il y a moins de carbone dans le sang veineux que dans le sang artériel. La plupart des chimistes admettent aussi qu'il est moins riche en oxygène; telle est l'opinion surtout de H. Davy. Ce qui semble annoncer qu'il contient moins d'azote, c'est la remarque faite par Krimer (3), qu'il donne une moins grande quantité d'ammoniaque que le sang artériel.

(1) Schweigger, *Journal fuer Chemie*, 1828, t. III, p. 94.
(2) Home, *Lectures on comparative anatomy*, t. III, p. 8.
(3) *Loc. cit.*, p. 250.

2. ESSENCE DE LA VÉNOSITÉ.

§ 752. I. La réalité d'une différence entre le sang artériel et le sang veineux

1° A été niée par Harvey et les premiers défenseurs de la circulation, parce qu'ils trouvaient la métamorphose du liquide inconciliable avec la rapidité du mouvement qui l'entraîne de l'extrémité des artères dans le commencement des veines. En conséquence, ils attribuaient la diversité de couleur à un changement de densité, provenant lui-même de circonstances mécaniques. Au dix-huitième siècle, plusieurs physiologistes, Carminati par exemple, réduisirent toute la différence entre les deux sangs à une nuance diverse de coloration, et nièrent qu'elle s'étendît au degré de chaleur, à la pesanteur spécifique et à la coagulabilité (1). Mais on doit ranger parmi les singularités de notre siècle que cette opinion ait été récemment encore soutenue par J. Davy, qui n'admet, entre le sang veineux et le sang artériel, qu'une simple différence de couleur, encore même purement accidentelle. Suivant lui, le sang coule des artères avec plus de rapidité, et il paraît plus vermeil parce que son cruor est plus divisé, attendu non seulement qu'il y a du chyle avec lui, mais encore que de l'air s'y mêle pendant qu'il s'épanche; le sang veineux, au contraire, coulant avec plus de lenteur, le cruor peut s'y précipiter par l'effet de sa pesanteur spécifique, de sorte que la condensation des particules colorantes rend sa couleur plus foncée, effet auquel contribue encore la stase du sang dans la veine, déterminée par la ligature qu'on applique avant de pratiquer la saignée (2).

2° D'autres, au contraire, ont jugé la différence entre le sang veineux et le sang artériel si considérable, qu'elle leur a fait nier l'identité des deux courans et le passage direct du sang du système aortique dans celui des veines caves. En admettant ce passage des artères dans les veines pulmonaires, et par suite la conversion du sang veineux en sang artériel, ils

(1) *Giornale per servire alla storia della medicina*, t. I, p. 266.
(2) Archives générales, t. XXVI, p. 394.

se sont montrés moins conséquens que ceux qui niaient absolument toute différence, et qui ne croyaient pas plus à la métamorphose dans le poumon qu'à celle dans le reste du corps.

5° Le juste milieu entre ces opinions extrêmes est moins piquant sans doute, mais il renferme si évidemment la vérité, que nous ne pouvons point hésiter à nous y ranger. Nous admettons donc à la fois et la différence et l'identité des deux courans, ou, en d'autres termes, une métamorphose du sang. Il est certain que partout les artères se continuent avec les veines (§ 701); or il ne l'est pas moins que, pendant sa révolution, le sang subit des changemens, dont la possibilité ressort déjà des phénomènes qu'on observe en examinant le sang coulant des vaisseaux (§ 707), ou tiré par la saignée (§ 666-669); car ces phénomènes attestent combien il est sujet à varier.

II. Nous demanderons d'abord par quoi est déterminée la métamorphose du sang artériel, ou sa conversion en sang veineux.

4° Quand la chimie pneumatique eut enseigné qu'en passant du caractère veineux au caractère artériel, le sang absorbe de l'oxygène dans l'atmosphère, on crut qu'il devenait veineux par la continuation de l'opération chimique, sans nulle autre circonstance quelconque. Lagrange pensait que l'oxygène, faiblement uni au sang dans les poumons, contracte peu à peu une combinaison plus intime avec lui pendant le cours de la circulation, et notamment s'empare de son carbone et de son hydrogène. Il se fondait sur ce que du sang artériel qu'on enferme dans des tubes de verre hermétiquement clos, prend de lui-même une couleur plus foncée au bout de quelque temps, et que le sang veineux qu'on traite de même, après l'avoir rendu vermeil par le contact du gaz oxygène, reprend également peu à peu sa teinte noire. Cependant on peut objecter contre ces argumens que le sang artériel ne noircit hors du corps vivant qu'autant que la putréfaction commence à s'emparer de lui; que jusqu'alors le caillot auquel il a donné naissance demeure vermeil, non seulement à la surface en contact avec l'air, mais encore dans sa masse entière; qu'enfin même la teinte rutilante communiquée par l'air au sang veineux dure assez long-temps; car

elle persiste pendant quelques jours à la face du caillot tournée d'abord vers le haut, puis vers le bas. Quant à la conclusion qu'avait tirée Lagrange, ce qui la réfute complétement, c'est que le sang ne devient veineux qu'en traversant les vaisseaux capillaires. Lorsqu'on pratique des vivisections, les ramuscules les plus déliés du système aortique donnent du sang vermeil, tandis que ceux du système de la veine cave en fournissent de noir, et partout où la transparence des vaisseaux le permet, on remarque la différence de couleur dans le sang qu'ils charrient. Kaltenbrunner dit avoir remarqué que les globules, parvenus dans les capillaires les plus déliés, où ils acquièrent une teinte plus foncée, se renflent en même temps un peu, deviennent moins nettement circonscrits, éprouvent une légère déperdition de substance sur les bords, et ne s'accolent plus alors ensemble (1). Krimer avait déjà affirmé que les globules sont plus gros dans le sang veineux (2). Enfin, Pallas a trouvé que le sang qui sortait des vaisseaux capillaires au moyen de ventouses ou de sangsues, se comportait encore comme sang artériel, et différait du sang veineux (3), incontestablement parce qu'en pareilles circonstances il sortait de ces vaisseaux avant d'y avoir séjourné assez long-temps pour pouvoir subir sa métamorphose.

5° Si le sang trouve, dans les vaisseaux capillaires, et son but et le point tropical de sa révolution, parce qu'il s'y met en conflit avec ce qui est placé au dehors des vaisseaux (§ 746, 5°), si, de plus, il entre en rapport avec l'atmosphère dans les vaisseaux capillaires des poumons, et par là ne fait que passer de la forme veineuse à la forme artérielle, il n'est pas douteux que la métamorphose du sang artériel en sang veineux ne soit opérée par le conflit avec la substance organique dans laquelle se répandent les dernières ramifications du système aortique. Nous en trouvons la preuve dans l'expérience, puisque du sang artériel qui reste pendant quelque temps en contact avec la substance organique, prend le ca-

(1) Froriep, *Notizen*, t. XVI, p. 308.
(2) *Loc. cit.*, p. 228.
(3) Journal de chimie médicale, t. IV, p. 465.

ractère veineux. Lorsque Hunter plongeait un corps aigu dans l'artère crurale d'un Chien, bouchait la plaie, et la rouvrait au bout de quelque temps, il trouvait que le sang épanché dans le tissu cellulaire avait pris une teinte noire; quand il avait appliqué deux ligatures sur la carotide d'un Chien, le sang y devenait noir au bout de quelques heures. Lorsque, dans une opération chirurgicale, le tourniquet est resté appliqué pendant un certain laps de temps sur une forte artère, le sang qui coule après qu'on cesse de comprimer est quelquefois veineux. La même chose arrive aussi à celui qui stagne dans les tumeurs anévrysmales. Le sang qui séjourne dans les bronches ou dans le reçtum, après s'être échappé des vaisseaux pulmonaires ou d'hémorrhoïdes internes, est plus foncé que celui qui arrive au dehors immédiatement après son extravasation. Lauer fait remarquer que, dans les maladies où il y a un grand relâchement des organes, notamment du foie et de la rate, la circulation se fait d'une manière lente, mais qu'en même temps le sang est plus noir et plus liquide (1). Œsterreicher (2) et Wedemeyer (3) ont vu aussi les globules du sang prendre une couleur jaune plus intense, lorsqu'ils étaient devenus stationnaires par l'effet d'une irritation mécanique ou galvanique. Le sang veineux des grands animaux paraît être plus noir et plus différent de l'artériel que celui des petits animaux, ce qui pourrait bien tenir, d'un côté, à ce que les battemens du cœur sont moins fréquens, de l'autre, à ce que la carrière est plus longue, de sorte que le sang reste plus long-temps en contact avec la substance organique.

6° Mais ce qui dénote que la substance organique détermine la métamorphose du sang par l'impression vivante qu'elle produit sur lui, c'est que cette métamorphose souffre toutes les fois qu'il survient des changemens considérables dans l'activité vitale (§ 756); c'est aussi que, malgré le soin qu'on prend d'entretenir la circulation chez un animal mis à mort, en continuant la respiration par des moyens artificiels, le sang

(1) Hecker, *Literarische Annalen der Heilkunde*, t. XVIII, p. 272.

(2) *Darstellung der Lehre vom Kreislaufe*, p. 129.

(3) *Untersuchungen*, p. 243.

artériel ne devient cependant point veineux, circonstance sur laquelle Legallois a le premier appelé l'attention des physiologistes.

Mais l'activité vitale ne saurait opérer directement et par elle-même un changement matériel ; elle ne le peut qu'en faisant naître certaines relations matérielles.

III. En quoi consiste cette métamorphose ?

Elle ne saurait être de nature mécanique et dépendre d'une condensation du cruor, comme le dit J. Davy ; cette hypothèse est réfutée par les circonstances au milieu desquelles elle a lieu (4°-6°), par les conséquences qu'elle entraîne pour la vie (§ 743, II), même par la couleur à la manifestation de laquelle elle donne lieu, puisque celle-ci diffère non pas seulement par le degré, mais encore par l'espèce ; car on aurait beau étendre la teinte du sang veineux ou concentrer celle du sang artériel, jamais on n'obtiendrait ni, dans le premier cas, la couleur du sang artériel, ni, dans le second, celle du sang veineux. L'analyse a fait entrevoir des différences chimiques (§ 751, 11°), et la formation du sang veineux doit dépendre d'un échange de matériaux entre le sang artériel et la substance organique placée au dehors de lui. Mais cet échange a lieu d'une manière instantanée, et il ne constitue qu'une fraction infiniment petite de l'opération chimique par laquelle la vie se maintient. En outre, comme il dépend de l'activité vitale, il doit subir un changement considérable quand celle-ci vient à être modifiée. Ces deux circonstances nous expliquent les contradictions qu'on remarque entre les observateurs, par rapport à la qualité du sang veineux (§ 751). Pour bien saisir la différence, il faut apporter une exactitude minutieuse dans l'examen, et une longue série d'observations peut seule mettre à même de décider si celle que l'on constate est générale et normale, ou si elle se rattache seulement à un état accidentel et passager de la vie. Jusqu'à présent, Denis est celui qui a fait le plus de recherches chimiques sur le sang, et ses travaux confirment ce qui a été dit précédemment ; le sang veineux lui a offert plus d'eau que le sang artériel (1), mais

(1) *Loc. cit.*, p. 285.

parfois aussi moins (1); plus d'albumine, mais une fois aussi autant de cette substance (2); moins de cruor, mais quelquefois aussi une pareille proportion. Il reste encore bien des choses à faire pour les chimistes qui ont une idée juste de la vie ; quant aux faits dont nous pouvons disposer aujourd'hui, ils paraissent conduire aux résultats suivans :

7° Le conflit avec la substance organique diminue la tension intérieure du sang, et en combine les matériaux d'une manière plus intime ; le liquide perd de son expansion ; il devient plus lourd, moins odorant et moins chaud ; son aptitude à se décomposer diminue, ainsi que sa propension à se coaguler et à tomber en putréfaction. Le sang veineux peut être comparé à une puissance chimique qui a épuisé son action et qui a été neutralisée.

8° Il a abandonné quelques uns de ses matériaux à la substance organique, et la quantité de ses principes constituans actuels est accrue. Le cruor, qui appartient exclusivement au sang, est la partie qui a le plus diminué (de 0,10 à 0,25, selon Denis), de sorte que le nombre des globules est devenu visiblement plus considérable, et qu'il y en a par conséquent une partie qui a passé dans la substance organique, à l'état de dissolution. Il a disparu moins de la fibrine. Les substances que l'on rencontre partout, l'eau, les sels et l'albumine, ont augmenté, et cela, à ce qu'il paraît, non pas seulement d'une manière relative, à raison de la perte éprouvée en cruor et en fibrine, mais encore d'une manière absolue, par l'accession des matériaux provenant des tissus organiques, qui se sont réduits en une dissolution saline d'albumine.

9° La qualité des matériaux immédiats du sang, et, suivant Michaelis, la proportion de leurs élémens, ont changé dans la même mesure. Le cruor ne présente plus la même couleur, expression totale de sa composition élémentaire (§ 687, 3°) ; il a perdu 0,01988 d'oxygène et d'hydrogène, et acquis en revanche une quantité équivalente de carbone et d'azote. La fibrine n'a changé que de cohésion; elle a perdu 0,01254 de carbone et d'azote, qui ont été remplacés par de

(1) *Loc. cit.*, p. 265.
(2) *Loc. cit.*, p. 266.

l'oxigène et de l'hydrogène. Les qualités de l'albumine n'ont point subi de changement appréciable ; mais la perte de carbone et d'azote, et l'acquisition d'hydrogène et d'oxygène qu'elle a faites s'élèvent à 0,00414. Ce qu'il y a de plus considérable, c'est l'augmentation du carbone (0,01849) et la diminution de l'oxygène (0,01345) dans le cruor. La fibrine perd plus en azote et en carbone que l'albumine, mais elle perd proportionnellement beaucoup plus du premier (0,00320 : 0,00057) que du second (0,00934 : 0,00357).

I. Effets non ordinaires de l'organisme sur le sang.

§ 753. Après avoir passé en revue les effets de l'organisme sur le sang qui sont constans et accompagnent continuellement la vie (§ 750-752), nous avons à examiner ceux auxquels ce même organisme ne donne lieu que dans certaines circonstances particulières.

A. *Effets produits par des états particuliers de la vie.*

De même qu'il n'y a guère de dérangement un peu considérable de la santé qui n'entraîne à sa suite une modification quelconque des battemens du cœur, de même aussi le sang change dans un grand nombre d'états morbides dont la cause se rattache uniquement à des rapports dynamiques, à une exaltation ou à une dépression des fonctions, et à une action de stimulus qui, par leur nature, ne peuvent modifier la composition organique. La pathologie nous fournirait donc des renseignemens précieux sur l'influence de la vitalité, si elle était arrivée à un plus haut degré de perfection que celui où nous la trouvons aujourd'hui. Car, outre que, comme l'a déjà fait remarquer Davy (1), le sang ne subit pas de changemens appréciables dans certaines maladies, l'apoplexie et le tétanos, par exemple, les analyses chimiques que nous possédons de ce liquide ne sont pas assez nombreuses encore, et n'ont pas été faites avec autant d'attention aux circonstances dans lesquelles se trouvait la vie, qu'on pourrait le désirer. D'ailleurs nous trouvons, en ce qui concerne même les qualités physiques du sang, une foule de contradictions qui tiennent à ce qu'on n'a

(1) Froriep, *Notizen*, t. XIII, p. 153.

point eu égard aux états morbides, mais seulement aux formes de maladies qui pouvaient cependant avoir pour causes des conditions de vie totalement différentes les unes des autres. Cependant nous n'en devons pas moins chercher à tirer parti de ce que nous possédons aujourd'hui.

1. INFLUENCE SUR L'ÉTAT ÉLECTRIQUE DU SANG.

Parmi les qualités du sang que nous avons à passer ici en revue, nous mentionnerons d'abord l'électricité, dont la force paraît être en raison inverse de l'énergie des manifestations de la vie. En effet, d'après Bellingeri, l'électricité du sang est plus faible dans les maladies inflammatoires que dans l'état de santé, et plus forte, au contraire, dans les maladies caractérisées par la débilitation, de manière qu'elle s'accroît dans les premières lorsqu'elles guérissent, au lieu que dans les autres elle devient d'autant plus considérable que le danger acquiert plus d'imminence, et diminue d'autant plus aussi que le malade approche davantage du terme de la convalescence (1). Rossi a trouvé également que le sang était fort électrique peu de temps avant la mort, dans la fièvre typhoïde pétéchiale et dans le typhus (2). Du reste, Bellingeri a remarqué un accroissement de sa polarité positive dans les maladies inflammatoires (3).

2. INFLUENCE SUR LA COAGULABILITÉ.

§ 754. La coagulabilité du sang repose sur la quantité et le mode de combinaison de sa fibrine.

I. Elle est détruite non seulement par les circonstances chimiques dont il sera parlé quand nous traiterons de la respiration, mais encore par d'autres qui sont purement dynamiques.

1° On dit qu'elle est abolie dans le cas de mort subite par l'effet d'une profonde émotion morale, par un coup reçu à l'épigastre, et qui a ébranlé les plexus nerveux de cette ré-

(1) Bulletin de la Soc. médicale d'Emulat., 1823, p. 642.
(2) *Ibid.*, p. 640.
(3) *Experimenta in electricitatem sanguinis*, p. 14.

gion, par un coup sur la tête, par la destruction de la moelle épinière (1), par la foudre, l'arsenic, le venin des Serpens et le virus de la rage (2). On ne l'a point observée non plus chez les animaux forcés à la course jusqu'au point de périr (3). Cependant ces assertions paraissent être au moins formulées d'une manière trop explicite; l'effet des émotions, d'un coup sur la région épigastrique et des poisons, aurait besoin d'être confirmé par des observations répétées; après la destruction du cerveau et de la moelle épinière, Schrœder (4) a trouvé que le sang provenant du cœur n'était point coagulable la plupart du temps, mais qu'il y avait des concrétions dans les artères et dans les veines. En ouvrant le corps d'animaux qui avaient été tués par une commotion électrique, Scudamore (5) a rencontré le sang coagulé dans le cœur et dans les veines caves. Quoique les observations recueillies nous apprennent qu'une affection violente et soudaine de la sensibilité peut changer la composition du sang, il ne paraît cependant point encore découler de là que la coagulabilité dépende du système nerveux, et que ce système communique au sang quelque chose qui soit la cause principale de sa coagulation (6). Tout ce qui semble être certain, c'est que la fibrine, sur la nature chimique de laquelle repose ce dernier phénomène, et qui ne peut point tirer sa source du sang, est susceptible d'être décomposée, dissoute et dépouillée de sa faculté enchaînante par un ébranlement et par un anéantissement subits de la vie générale. Aussi, d'après Thackrah (7), n'observe-t-on point de raideur cadavérique dans tous ces cas, et le cadavre se conserve-t-il chaud plus long-temps qu'en d'autres circonstances, parce que la décomposition et l'expansion sont devenues prédominantes. Cette décomposition s'annonce aussi,

(1) Wedemeyer, *Untersuchungen*, p. 351.

(2) Thackrah, *Inquiry into the nature of the blood*, p. 94.

(3) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. I, p. 125.

(4) *Diss. sistens sanguinis coagulantis historiam*, p. 86.

(5) *Versuch ueber das Blut*, p. 46.

(6) Baumgaertner, *Beobachtungen ueber die Nerven und das Blut*, p. 144.

(7) *Loc. cit.*, p. 67.

chez les animaux surmenés, par la facilité avec laquelle leur chair se déchire, et par la promptitude avec laquelle la putréfaction s'empare de leur corps.

2° Le sang menstruel ne se coagule point, parce qu'il contient peu ou point de fibrine (§ 168, 1°). Toulmouche, dans un cas où ce liquide avait été retenu par l'occlusion du vagin, l'a trouvé d'un rouge brunâtre, et ayant la consistance d'un épais sirop : après être demeuré à l'air pendant un mois entier, il n'était encore ni coagulé ni putréfié; comme l'évaporation avait dissipé une grande quantité de parties aqueuses, son albumine avait contracté une union plus intime avec le cruor, de manière que l'eau qu'on y ajoutait se colorait peu; du reste, il se coagulait par la chaleur, aussi bien que par les acides et l'alcool (1). Si, au contraire, l'hémorrhagie utérine résulte d'une exaltation morbide de l'activité vitale, le sang, comme l'a constaté Lavagna (2), est coagulable et enclin à se putréfier. D'après les observations recueillies par Lauer, le sang menstruel d'une femme atteinte de dégénérescence des ovaires était susceptible de se coaguler, et la malade n'en supportait sans danger une perte considérable qu'autant que cette propriété lui manquait (3).

II. La coagulation est complète quand le caillot devient ferme, que le sérum s'en sépare totalement, et qu'il jouit d'une transparence parfaite. Elle est incomplète lorsque le caillot demeure mou, qu'il se délaie aisément dans le sérum par la succussion, et que celui-ci contient plus ou moins de cruor mélangé avec lui. La séparation complète a lieu chez les sujets robustes et musculeux; dans tout état inflammatoire, comme en général toutes les fois que le système sanguin a acquis un surcroît d'activité, le caillot devient plus ferme (4). Au contraire, la coagulation est moins complète, le caillot plus mou et plus onctueux, chez les sujets débiles, dans la plupart des maladies chroniques, mais surtout dans le typhus et ses différentes formes, telles que la peste, la fièvre jaune,

(1) Bulletin des sciences médicales, t. XVIII, p. 355.
(2) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. IV, p. 153.
(3) Hecker, *Literarische Annalen der Heilkunde*, t. XVIII, p. 304.
(4) Scudamore, *loc. cit.*, p. 119.

le choléra morbus, etc. (1). On paraît avoir commis une erreur en croyant trouver dans ces faits une preuve que la coagulation est un acte de la vie; rien n'est plus naturel, au contraire, que de reconnaître ici la loi qui veut qu'il n'y ait que ce qui vit qui puisse mourir, et que le degré de séparation qu'on observe après la mort soit en raison directe de la vitalité qui existait auparavant.

III. Il faut distinguer la perfection de la coagulation et la rapidité avec laquelle elle commence; sous ce rapport, on peut admettre des conditions diverses, que Lauer a désignées sous les noms d'énergie irritable et torpide, de débilité irritable et torpide (2), suivant que la promptitude ou la lenteur de la coagulation est accompagnée de perfection ou d'imperfection du phénomène. Mais, dans la plupart des cas, nous trouvons que la rapidité de la coagulation est en raison inverse de l'énergie de la vie, ou, en d'autres termes, que le sang se décompose d'autant plus vite qu'on remarque plus de faiblesse dans l'organisme, qu'il se maintient, au contraire, d'autant plus long-temps que la vie agit avec plus de puissance.

3° Hewson (3), Schrœder (4), J. Davy (5) et Thackrah (6) ont remarqué que le sang se coagule plus lentement dans les inflammations violentes. Ces observateurs ont vu la coagulation commencer au bout de quatre minutes dans la phthisie pulmonaire, et au bout de huit seulement dans la péripneumonie. Il faudra d'ultérieures recherches pour décider si, comme le donne à entendre Davy, c'est par l'effet d'une exception à la règle qu'a lieu alors la coagulation plus rapide, admise par quelques anciens auteurs et défendue encore par Rossi (7) et Gendrin (8), ou bien, si plutôt il n'y aurait pas

(1) Thackrah, *loc. cit.*, p. 94. — Bulletin de la Soc. méd. d'Émulation, 1823, p. 640. — Hecker, *loc. cit.*, t. XVIII, p. 303.

(2) Hecker, *loc. cit.*, p. 305.

(3) *Experimental inquiries*, t. I, p. 36.

(4) *Loc. cit.*, p. 64.

(5) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. I, p. 125.

(6) *Loc. cit.*, p. 88.

(7) Bulletin de la Soc. méd. d'Émulat., 1823, p. 639.

(8) Hist. anatom. des inflammations, t. II, p. 445.

seulement achèvement plus prompt et perfection plus grande de cette coagulation.

4° Thackrah prétend que la coagulation a lieu de meilleure heure dans le cas de débilité, et il pose en principe qu'on doit d'autant moins répéter la saignée, que le phénomène a lieu plus rapidement. Schrœder (1) explique l'effet par la quantité du sérum, attendu que, d'après ses expériences, du sang frais mêlé avec du sérum se coagule plus tôt, et avec d'autant plus de rapidité qu'on y ajoute davantage de sérosité. Scudamore (2) dit la coagulabilité en raison directe de la pesanteur spécifique du sang. Cette assertion, d'après les remarques de Davy (3), est inexacte au moins quant à l'époque de la manifestation du phénomène. Lauer cite des cas de traitement d'affections vénériennes par la faim ou la salivation, de scorbut et d'autres cachexies, dans lesquels non seulement la coagulation fut incomplète, mais encore elle eut lieu tard.

5° Dans une saignée copieuse, le sang qui coule en dernier lieu se coagule avant le premier, observation que personne n'avait faite avant Hewson (4). Schrœder a vu le sang tiré à une femme enceinte se séparer au bout d'un quart d'heure dans la première tasse et de sept minutes dans la seconde (5). Lorsque les bouchers tuent un animal, le sang se coagule d'autant plus vite qu'il en a déjà coulé davantage et que l'animal est devenu plus faible, de sorte que celui qui sort pendant l'agonie se coagule instantanément, mais forme un caillot plus mou, comme l'ont remarqué Hewson (6), Schrœder et Scudamore (7). Suivant Davy, la première portion du sang d'une Brebis se coagula au bout de deux minutes, et la seconde au bout d'une minute et demie (8). Selon Thackrach,

(1) *Loc. cit.*, p. 55.
(2) *Loc. cit.*, p. 31.
(3) Heusinger, *Zeitschrift fuer die organische Physik*, t. II, p. 387.
(4) *Loc. cit.*, t. I, p. 55.
(5) *Loc. cit.*, p. 53.
(6) *Loc. cit.*, p. 61.
(7) *Loc. cit.*, p. 34.
(8) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. I, p. 125.

chez les Chiens, la première portion se coagule au bout de soixante et dix secondes, celle qui vient après au bout de quarante secondes, et la dernière instantanément (1). Le même observateur a fait l'intéressante remarque (2) que les choses se passent ainsi chez les Bœufs mis à mort par l'ouverture des vaisseaux, mais que, quand on commence par les assommer, la stupeur qui résulte de là fait que la première portion se coagule avec plus de rapidité, la seconde plus tardivement, parce que l'ouverture des artères a rétabli la circulation et dissipé la stupeur, la dernière enfin plus rapidement, à cause de la faiblesse produite par l'hémorrhagie. Ebel (3) a observé que le sang est plus coagulable, chez l'homme, après de copieuses saignées; ayant soumis un Cheval, dont le sang se coagulait en cinq minutes, à des soustractions journalières de onze livres de sang, la coagulation eut lieu le second jour en quatre minutes, le cinquième en trois, le dixième en deux, et le onzième en une. Aussi Ebel pose-t-il également en principe que la propension à se coaguler augmente dans la faiblesse, notamment quand la force du cœur baisse et que la circulation se ralentit, mais qu'elle diminue, au contraire, dans les inflammations.

Piorry a trouvé, chez des animaux qui avaient succombé à une perte considérable de sang, mais seulement au bout de quelques heures, qu'il y avait des concrétions fibrineuses dans le cœur et dans les veines (4). Hewson pourrait donc fort bien avoir émis une conjecture fondée, en disant que, dans le cas de blessures, une syncope favorise la formation de bouchons sanguins, et peut ainsi contribuer à arrêter l'hémorrhagie.

6° La puissante influence de la paroi vivante sur la constitution du sang s'annonce aussi par la coagulation plus prompte de celui qui coule lentement du vaisseau, que de celui qui s'échappe sous la forme d'un jet rapide. Hewson (5) a vu, dans une saignée, le sang couler d'abord avec lenteur, puis avec

(1) *Loc. cit.*, p. 45.
(2) *Ibid.*, p. 48.
(3) *Diss. de natura medicatrice*, p. 5.
(4) Froriep, *Notizen*, t. XIII, p. 189.
(5) *Loc. cit.*, p. 80.

promptitude, ensuite plus rapidement encore, enfin d'une manière très-lente, et il a remarqué que la quatrième portion se coagulait en trois minutes, la première en douze, la seconde en ving-deux, et la troisième en trente-cinq. Scudamore a observé le même phénomène (1), et Thackrah (2) dit, d'après Kellie, que le sang se coagule plus tôt lorsqu'il a séjourné pendant quelque temps dans une veine comprimée.

7° Ce qui prouve qu'ici la précocité de la coagulation ne tient pas tant à des circonstances mécaniques, qu'à l'action moins énergique des parois, c'est que, d'après les observations faites par Davy (3) et Thackrah (4), le sang se coagule plus promptement chez les jeunes animaux que chez les vieux, malgré la vélocité plus grande de leur circulation.

3° Enfin Highmore, Willis et Treviranus ont reconnu que la coagulation s'effectue plus tôt qu'à l'ordinaire dans certaines maladies convulsives.

IV. Il arrive quelquefois, quand le sang commence à s'épaissir, sans cependant être encore coagulé, qu'on voit paraître à sa surface une couche transparente, bleuâtre ou jaunâtre, dont l'épaisseur augmente peu à peu de haut en bas, et qu'on appelle *couenne inflammatoire* (*crusta inflammatoria seu pleuritica*). Cette croûte est blanche, grise ou jaunâtre, élastique, et en partie filante; elle a presque toujours une à deux lignes d'épaisseur; sa face supérieure est lisse et souvent creusée en godet; l'inférieure est inégale et tient au caillot, qui, renfermant moins de fibrine, est plus mou et moins dense qu'à l'ordinaire. La croûte inflammatoire n'est à proprement parler que du caillot sans cruor; elle a pour base de la fibrine, mais autre que de coutume, plus molle et plus soluble. Quand on l'exprime, elle donne, d'après Gendrin (5), une sérosité jaunâtre, qui contient davantage d'albumine que le reste du sérum. J. Davy en a obtenu 38,3 de sérum, et par conséquent 61,7 de fibrine. Comme elle ne représente

(1) *Loc. cit.*, p. 34.
(2) *Loc. cit.*, p. 65.
(3) Meckel, *Deutsches Archiv*, t. I, p. 125.
(4) *Loc. cit.*, p. 45.
(5) Hist. anat. des inflammat., t. II, p. 442.

pas la fibrine pure normale, quelques chimistes ont vu en elle de l'albumine transformée.

La formation de la croûte inflammatoire doit dépendre de circonstances variées ; car on la rencontre dans des états tout-à-fait différens, même opposés, tant dans des cas où l'activité du système vasculaire est exaltée, comme les fièvres inflammatoires, le rhumatisme aigu et la grossesse, que dans d'autres caractérisés par une grande faiblesse, le scorbut et la fièvre putride, selon Parmentier et Deyeux, la syphilis, d'après Schrœder (1), le diabète, suivant Scudamore (2), l'hydropisie selon Stoker (3), etc.

9° Il paraît certain que, dans la plupart des cas, la couenne se rattache à une exaltation de l'activité vitale. Quand cet état a lieu dans une inflammation, il se forme une couenne épaisse, dense, élastique, et d'un blanc jaunâtre (4). Mais au point culminant d'une inflammation, de la péripneumonie par exemple, la puissance du sang est exagérée, et la réaction des parois vivantes restreinte, de manière que la couenne ne se produit pas d'abord, et qu'on ne la voit paraître qu'après une saignée, quand le pouls commence à se relever.

Le siége et le caractère de l'inflammation ne sont pas non plus sans influence ; si, par exemple, la phlegmasie est bornée au canal intestinal, ou qu'il y ait une grande tendance à la suppuration, la couenne manque fréquemment. On ne peut donc point, et cette remarque avait déjà été faite par J. Davy, la considérer ni comme un signe absolument certain d'inflammation, ni comme toujours correspondante au degré de la phlegmasie.

Les faits suivans annoncent qu'elle est déterminée par l'action vivante des parois.

a. Sa formation correspond à la rapidité du courant, ainsi que l'ont reconnu Scudamore (5), Thackrah (6) et Belhomme (7);

(1) *Loc. cit.*, p. 32.
(2) *Loc. cit.*, p. 124.
(3) Scudamore, *loc. cit.*, p. 149.
(4) Gendrin, Hist. anat. des inflammations, t. II, p. 445.
(5) *Loc. cit.*, p. 114.
(6) *Loc. cit.*, p. 55.
(7) Froriep, *Notizen*, t. VII, p. 247.

aussi manque-t-elle quand le courant est faible et la veine percée d'une étroite ouverture, tandis qu'elle a beaucoup d'épaisseur dans les cas contraires.

b. Quand une saignée vient à être interrompue par une syncope, il ne se produit plus ensuite de couenne (1).

c. La quantité de la fibrine contenue dans le sang est, somme totale, plus grande, d'après Scudamore (2), lorsqu'il se forme une couenne. J. Davy rapporte cependant quinze cas dans lesquels le rapport était inverse; mais si l'on prend tout en considération, la fibrine y existait en proportion extraordinaire (3).

d. Davy a trouvé la fibrine de la couenne plus dense que de coutume, et douée d'une pesanteur spécifique plus considérable.

e. La proportion de ce qui s'écoule au commencement et à la fin de la saignée n'est pas toujours la même, comme l'ont observé Schrœder et Belhomme, parce qu'il arrive souvent à la vitalité des vaisseaux de ne s'exalter qu'après l'émission sanguine; mais, dans la plupart des cas, le contraire a lieu, et la première portion, pendant l'écoulement de laquelle l'activité des vaisseaux est plus grande, donne plus de couenne que la dernière. Gendrin (4) a remarqué, que quand il avait laissé couler une certaine quantité du sang à la surface duquel se formait une couenne, et que huit ou dix minutes après il livrait issue à de nouveau liquide, celui-ci ne donnait plus que peu ou point de couenne; mais on la voyait reparaître quand la seconde émission, par la même plaie, n'avait lieu qu'au bout de plusieurs heures. Il était donc évident alors que la cause ne se rattachait point à une qualité permanente de la masse du sang, mais à l'état de la vitalité des parois, que l'émission sanguine modifiait momentanément, et qui reprenait ensuite son précédent caractère, celui de la diathèse inflammatoire.

f. Quand il se forme une couenne, la coagulation a lieu

(1) Gendrin, *loc. cit.*, t. II, p. 439.

(2) *Loc. cit.*, p. 72.

(3) Heusinger, *Zeitschrift fuer die organische Physik*, t. II; p. 388.

(4) *Loc. cit.*, t. II, p. 438.

plus tard. Si ceci ne devait s'entendre que de la production du caillot, on pourrait croire avec Schrœder (1) que le phénomène tient à la manifestation de la couenne, attendu qu'une partie de la fibrine s'est déjà solidifiée dans celle-ci, et que la portion encore liquide, étant plus divisée, est par cela même moins coagulable. Mais la formation de la couenne elle-même a généralement lieu, dans les inflammations, plus tard que la coagulation ne s'effectue habituellement. Or comme, d'après ce qui précède (3°—6°), la coagulation est retardée toutes les fois qu'il y a action plus vive des parois et courant plus rapide du liquide, ce retard paraît être une circonstance essentielle pour expliquer la formation de la couenne, puisqu'une partie du cruor acquiert alors le temps nécessaire pour se réunir dans les couches profondes, en vertu de sa pesanteur spécifique plus considérable, de sorte qu'il reste, dans les couches supérieures, la fibrine plus légère et le sérum, qu'en d'autres circonstances, où la coagulation se fait plus rapidement, le cruor enveloppe avec lui. Cette explication, que Hunter, Prochaska (2), Thackrah (3) et Denis (4), ont donnée, après que Hewson (5), Scudamore (6) et autres eurent remarqué la coagulation plus tardive, paraît être la plus satisfaisante de toutes. Davy (7), qui d'ailleurs convient que l'épaisseur de la couenne est proportionnée au retard de la coagulation, et Stoker (8), disent en avoir observé une aussi dans des cas où cette dernière s'opérait avec rapidité ; mais il faut qu'alors d'autres circonstances aient contribué à la production du phénomène.

10° En effet, le cruor peut se précipiter et se séparer de la fibrine encore liquide, soit parce que lui-même est trop dense, soit parce que la sérosité du sang n'est point assez épaisse,

(1) *Loc. cit.*, p. 49.
(2) *Physiologie*, p. 235.
(3) *Loc. cit.*, p. 39, 111.
(4) *Loc. cit.*, p. 324.
(5) *Experimental inquiries*, t. I, 39.
(6) *Loc. cit.*, p. 31, 38.
(7) *Loc. cit.*, p. 385.
(8) Scudamore, *loc. cit.*, p. 144.

que par conséquent elle est trop pauvre en fibrine et en albumine; soit enfin parce qu'en vertu d'une modification survenue dans la composition du sang, il a moins d'affinité adhésive pour la fibrine. Ce sont vraisemblablement ces circonstances qui déterminent la formation de la couenne dans les fièvres putrides, le scorbut, et autres cachexies. Hewson (1) objectait que, dans les inflammations, la production de la couenne ne se rattache ni à la dilution du sang ni à l'accroissement de la pesanteur spécifique du cruor; Davy (2) n'apercevait pas non plus de liaison constante entre cette production et la pesanteur spécifique du sang, qu'il disait, au contraire, être alors presque toujours plus considérable qu'à l'ordinaire; mais ces argumens n'auraient de valeur qu'autant qu'on prétendrait effectivement ne point admettre d'autres causes pour expliquer dans tous les cas la formation de la couenne.

11° Hewson (3) a trouvé qu'il se formait plutôt une couenne quand on recevait le sang dans des vases étroits, que quand on le faisait couler dans de larges coupes. Schrœder (4) et Gendrin (5) se sont convaincus, par des expériences, que la formation de cette croûte est restreinte ou empêchée par le froid, et favorisée au contraire par la réception du sang dans un vaisseau étroit, tenu très-près de la veine, ce qui retarde le refroidissement du liquide. L'élévation de la chaleur vitale favoriserait-elle aussi la propension du cruor à se séparer de la fibrine?

c. *Influence sur les matériaux constituans du sang.*

§ 755. I. Le cruor, qui, dans l'état normal, adhère à la fibrine coagulée, se mêle avec le sérum dans le scorbut; la fièvre putride, la fièvre jaune, etc., s'y dissout, le colore en rouge, et se précipite peu à peu sous la forme d'un sédiment pulvérulent. Peut-être, comme le présume Wedemeyer (6),

(1) *Loc. cit.*, p. 45.
(2) *Loc. cit.*, p. 389.
(3) *Loc. cit.*, p. 101.
(4) *Loc. cit.*, p. 32.
(5) *Loc. cit.*, t. II, p. 433.
(6) *Untersuchungen*, p. 250.

ce phénomène est-il déterminé, d'un côté, par la diminution de la fibrine, de l'autre par le trop peu d'abondance de l'albumine dans le sérum (1); cependant il est vraisemblable qu'un changement dans la composition du cruor lui-même y prend aussi une grande part. Suivant Gendrin (2), le sérum est entièrement limpide dans les fortes inflammations, et lorsqu'il devient un peu trouble à la partie inférieure, cet effet dépend uniquement de l'albumine qu'il contient; dans un état inflammatoire plus prononcé, il est clair, et s'empare peu à peu d'une petite quantité de cruor, qui gagne le fond du vase; mais il rougit et dépose une couche plus épaisse, lorsqu'il s'est formé en même temps une couenne. Quand une saignée a été interrompue par une syncope (3), le sérum laisse quelquefois précipiter une assez grande quantité de matière colorante, et dans les maladies de mauvais caractère, dans les affections gangréneuses, il est coloré par une matière noire, comme pulvérulente, qui se dépose au fond du vase (4).

II. Quant à ce qui concerne les proportions quantitatives,

1° La quantité des parties solides est accrue dans les maladies inflammatoires (5), notamment dans la synoque, cas où l'infusion de l'eau dans les veines s'est montrée salutaire (6). Elle est diminuée dans le typhus, et particulièrement dans la fièvre jaune, d'après Steevens (7). Cet état de choses est annoncé déjà par la proportion respective du sérum et du caillot: la quantité du premier diminue dans les inflammations sthéniques (8), où, suivant Gendrin (9), elle est à celle du second comme 1 : 2; dans le typhus, au contraire, cette quantité augmente, de manière qu'au rapport de Reid Clanny (10),

(1) *Loc. cit.*, p. 356.
(2) *Loc. cit.*, t. II, p. 445.
(3) *Loc. cit.*, p. 439.
(4) *Loc. cit.*, p. 454.
(5) Hunefeld, *Physiologische Chemie*, t. II, p. 225.
(6) Andral, Précis d'anatomie pathologique, t. I, p. 547.
(7) *Medico-chirurgical review*, t. XXV, p. 217.
(8) Thackrah, *loc. cit.*, p. 108.
(9) *Loc. cit.*, p. 445.
(10) Archives générales, t. XVIII, p. 290.

quand la proportion du sérum au caillot était de 1 : 0,23 dans l'état de santé, elle devient de 1 : 0,13 au plus fort de la maladie. Thackrah (1) a trouvé la proportion de 1 : 3,30 dans une synoque, de 1 : 2,82 dans la pneumonie, de 1 : 2,81 dans la gastrite, de 1 : 2,50 dans la fièvre tierce, de 1 : 1,60 dans la fièvre quarte, de 1 : 1,56 dans la phthisie pulmonaire, de 1 : 1,29 dans l'hydropisie, de 1 : 1,23 dans l'hémiplégie; Brande (2), de 1 : 0,18 dans un rhumatisme aigu, de 1 : 0,16 dans la pleurésie, de 1 : 0,15 dans la péripneumonie, de 1 : 0,14 dans la scarlatine, de 1 : 0,14 dans le vertige, de 1 : 0,13 dans la commotion cérébrale, de 1 : 0,10 dans la pleurésie, chez un enfant. La dissidence entre les divers observateurs, sous le rapport de la quantité absolue, ne doit pas nous induire en erreur; car chacun d'eux s'est servi d'une échelle particulière. D'après Lauer (3), la proportion du caillot au sérum diminue chez les personnes débiles, dans les maladies chroniques, celles surtout qui sont accompagnées d'une perte d'humeurs, après de fréquentes saignées, et dans les cas de suppression de sécrétions aqueuses, tandis que l'inverse a lieu chez les sujets robustes.

Il faut aussi avoir égard à la densité du caillot, qui, suivant la remarque déjà faite par d'anciens observateurs (4), est plus considérable dans la fièvre inflammatoire, le rhumatisme et la goutte. Selon Gendrin (5), le caillot est plus solide et plus compacte dans l'inflammation; mais il lui arrive quelquefois (6), quand la saignée est interrompue par une syncope, de devenir mou et volumineux : il reste aussi peu dense (7) lorsque l'inflammation s'est élevée jusqu'à la faiblesse indirecte. Dans les maladies de mauvais caractère, toutes les fois qu'il y a tendance à la gangrène, dans les fièvres typhoïdes, etc., le caillot est également mou, gélatineux et mal limité.

(1) *Loc. cit.*, p. 105.
(2) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1828, p. 337.
(3) Hecker, *Annalen der gesammten Heilkunde*, t. XVIII, p. 412.
(4) Haller, *Element. physiol.*, t. II, p. 17.
(5) *Loc. cit.*, p. 441.
(6) *Loc. cit.*, p. 439.
(7) *Ibid.*, p. 454.

2° La quantité de la fibrine augmente dans les inflammations, suivant Davy, Whiting et Kœnig (1). Reid Clanny assure qu'elle diminue dans le typhus, Parmentier et Deyeux dans le scorbut, Nicolas et Guedeville dans le scorbut (2), Brandt dans la commotion cérébrale (3).

3° Davy prétend que le cruor diminue dans les inflammations, tandis que la fibrine augmente (4). Suivant Reid Clanny, les deux substances diminuent également dans le typhus.

4° La pesanteur spécifique du sérum et la proportion des parties solides qu'il contient augmentent dans les fièvres (5); l'accroissement est surtout sensible dans le rhumatisme aigu, suivant Marcet (6).

5° Gendrin dit que le sérum est plus visqueux dans les inflammations (7), et Traill assure qu'il contient alors près de deux fois autant d'albumine que pendant l'état de santé. Dans le scorbut, il est plus pauvre en albumine, et, d'après Parmentier et Deyeux, se coagule moins par l'action de la chaleur. Henry et Soubeiran assurent que, dans le diabète, il ne contient que les trois quarts de l'albumine qu'on y rencontre ordinairement (8).

6° La quantité des sels est souvent accrue dans la fièvre, suivant Thackrah (9); elle diminue dans le typhus, mais moins cependant que celle de l'albumine, au rapport de Reid Clanny. Steevens n'a guère remarqué qu'une diminution des sels dans la fièvre jaune (10). On prétend que les phosphates sont moins abondans chez les diabétiques (11).

III. Kœnig (12) dit que le sang tiré de la veine, dans les

(1) *Experimenta circa sanguinis qualitatem diversam*, p. 13.
(2) Hunefeld, *loc. cit.*, t. II, p. 225.
(3) Meckel, *Archiv fuer Anatomie*, 1828, p. 337.
(4) Heusinger, *Zeitschrift fuer die organische Physik*, t. II, p. 390.
(5) Haller, *Elem. physiolog.*, t. II, p. 123.
(6) Thackrah, *loc. cit.*, p. 117.
(7) *Loc. cit.*, p. 442.
(8) Berzelius, *Jahresbericht*, t. VII, p. 296.
(9) *Loc. cit.*, p. 117.
(10) *Medico-chirurgical review*, t. XXV, p. 217.
(11) Hunefeld, *Physiologische Chemie*, t. II, p. 225.
(12) *Loc. cit.*, p. 8.

phlegmasies, passe à la putréfaction dix à vingt-quatre heures plus tôt que celui des personnes en santé ; mais, suivant Rossi (1), il arriverait plus tard que ce dernier au dernier degré de la décomposition putride.

4. INFLUENCE SUR LA CONVERSION EN SANG VEINEUX.

§ 756. La conversion du sang artériel en sang veineux est suspendue ou du moins affaiblie dans certains cas, de manière que l'ouverture de la veine donne issue à un liquide vermeil.

1° Ce cas a lieu dans les hémorrhagies considérables. Quand le sang coule depuis long-temps d'une veine, il finit par devenir rutilant avant de s'arrêter (2). Ce phénomène tient incontestablement à ce que la substance *organique* ne peut point exercer sa réaction normale sur la petite quantité de sang encore contenue dans les vaisseaux, la force n'étant plus suffisante pour le permettre (§ 748, 1°).

2° Un accablement général de l'activité plastique peut produire le même résultat. Ainsi on a trouvé le sang veineux d'un rouge écarlate dans le typhus, la fièvre putride, la fièvre jaune, la fièvre pétéchiale, suivant Schubler (3) et Rossi (4), parfois aussi dans le scorbut et le *morbus maculosus*, selon Lauer (5).

3° Dans les inflammations elles-mêmes, il est en général moins foncé en couleur (6). Hunter a fait cette remarque principalement sur le sang tiré au moyen des sangsues ; elle lui avait donné à penser que la rapidité avec laquelle le liquide traverse alors les vaisseaux capillaires, ne permet point qu'il se métamorphose dans leur intérieur : à quoi l'on peut répondre que la circulation est au contraire ralentie ou même nulle dans les parties qui sont le siége proprement dit de l'inflammation. Il n'est pas possible non plus que le sang veineux rougisse par l'effet d'une respiration cutanée, car suivant

(1) Bulletin de la Soc. médic. d'Emul., 1823, p. 639.
(2) Haller, *Elem. physiolog.*, t. II, p. 10.
(3) Poggendorff, *Annalen der Physik*, t. XXXIX, p. 325.
(4) Bulletin de la Soc. médic. d'Emulation, 1823, p. 640.
(5) Hecker, *Annalen der Heilkunde*, t. XVIII, p. 273.
(6) *Ibid.*, p. 277.

la remarque de Krimer (1), la peau est alors chaude et sèche, et nulle respiration ne saurait s'accomplir sur une surface sèche. La cause ne peut donc tenir qu'à ce que, dans l'inflammation, l'excès d'excitement a fait cesser l'échange des matériaux, la nutrition et la sécrétion. Nous expliquons de la même manière comment Nasse a observé ce phénomène dans la péripneumonie, la scarlatine et le croup (2).

4° Krimer (3) dit avoir remarqué que, quand il avait coupé les nerfs brachiaux ou cruraux sur des Lapins ou des Chiens, le sang veineux du membre blessé devenait vermeil au bout de quatre à dix minutes; qu'il repassait au noir quand on faisait communiquer le pôle positif d'une pile voltaïque avec le cerveau, et le pôle négatif avec le nerf coupé, ou le premier avec ce nerf, et l'autre avec les orteils; enfin, qu'il reprenait une teinte vermeille après l'éloignement des conducteurs. On conçoit très-bien que la section des nerfs, diminuant l'activité vitale, puisse troubler la métamorphose du sang, qui dépend de cette activité; cependant, d'après Arnemann (4), le sang paraît se colorer en noir dans les vaisseaux dont les nerfs ont été coupés, parce que cette lésion influe sur son mouvement (§ 770) avant de porter atteinte à sa transformation (§ 752, 5°).

5° Enfin, Autenrieth (5) dit que le sang veineux a une couleur moins foncée pendant les grandes chaleurs de l'été. Crawford a remarqué le même phénomène sur des Chiens dont il avait élevé la température jusqu'à 106 et 109 degrés du thermomètre de Fahrenheit, par l'application de la chaleur extérieure.

B. *Effets produits par des influences extérieures.*

§ 757. Le sang ne ressent pas moins l'action des influences du dehors que celle du jeu des organes.

1° Il est soumis à l'influence des choses extérieures, que

(1) *Physiologie des Blutes*, p. 287.
(2) Horn, *Archiv fuer medicinische Erfahrung*, 1830, p. 103.
(3) *Physiologische Untersuchungen*, p. 138, 152.
(4) *Ueber die Regeneration*, p. 48.
(5) *Handbuch der Physiologie*, t. I, p. 312.

celles-ci agissent sur lui, ou d'une manière immédiate, ou seulement par l'intermédiaire des organes chargés de le produire. De même qu'il perd de sa coagulabilité quand on l'électrise hors du corps vivant (§ 673, 2°), de même aussi il demeure liquide chez les sujets qui ont été frappés de mort par la foudre. Rossi (1) a reconnu que, quand un homme avait été électrisé, son sang se coagulait d'une manière plus lente, qu'il donnait un caillot plus petit et plus mou, que le sérum qui s'en séparait était plus rougeâtre. Nous avons vu également que l'alcool et les acides le coagulent hors du corps (§ 674, 3°, 8°); de même aussi, on l'a trouvé coagulé chez des animaux, pendant la vie desquels on avait injecté dans les veines de l'alcool (2), de l'acide sulfurique (3), de l'acide nitrique (4), de l'acide hydrochlorique (5), de l'acide phosphorique (6) ou du vinaigre (7). Certaines substances, après avoir été introduites dans les organes digestifs, déterminent en partie, dans le sang, des effets analogues à ceux qu'elles produisent quand on les mêle, hors du corps, avec ce liquide. Ainsi, Steevens prétend avoir employé les sels neutres avec succès dans la fièvre jaune, parce que, dans cette maladie, le sang est noir en raison des sels qui lui manquent, et dont l'addition lui fait reprendre sa couleur rouge naturelle (§ 679, 3°).

2° Mais, la plupart du temps, les substances introduites dans l'organisme vivant ne font pas subir au sang les mêmes changemens qu'elles déterminent quand elles agissent sur lui après sa sortie du corps. Thackrah, par exemple (8), a trouvé que le sang de Chiens qu'il avait empoisonnés avec de l'opium, se coagulait absolument de même que dans l'état nor-

(1) Bulletin de la Soc. médic. d'Emulation, 1823, p. 634.

(2) Scheel, *Die Transfusion des Blutes*, t. II, p. 46. — Archives générales, t. XII, p. 105.

(3) Orfila, Toxicologie générale, t. I, P. II, p. 77.

(4) *Ibid.*, p. 102.

(5) *Ibid.*, p. 138.

(6) *Ibid.*, p. 145.

(7) Scheel, *loc. cit.*, t. II, p. 46.

(8) *Loc. cit.*, p. 38.

mal, tandis que, quand on le mêlait avec de l'opium, hors du corps, sa coagulation se trouvait retardée de beaucoup.

Des substances qui déterminent immédiatement un certain changement chimique dans le sang, peuvent, dans des maladies qui produisent un effet analogue sur ce liquide, être employées comme moyens curatifs, c'est-à-dire comme agens propres à modifier l'activité vitale. Ainsi, la prédisposition héréditaire aux hémorrhagies paraît dépendre d'un état non ordinaire de dilution du sang; et cependant, d'après Krimer (1), le seul moyen vraiment efficace de la combattre consiste à faire usage du sulfate de soude, quoique ce sel ait la propriété d'empêcher la coagulation du sang hors du corps.

Certaines substances paraissent, quand elles ont été mises en contact avec des solides organiques, provoquer, dans le sang, des changemens auxquels elles ne donnent pas lieu quand on les mêle immédiatement avec lui. Orfila, par exemple, a remarqué (2) que la dissolution d'extrait de digitale déterminait la coagulation du sang dans le cœur, non pas quand on l'injectait dans les veines, mais lorsqu'on la mettait en rapport avec l'estomac ou avec le tissu cellulaire.

Mais ce qu'il y a de plus remarquable, c'est la différence dans la manière d'agir d'une substance, suivant qu'on la mêle avec le sang, ou dans l'intérieur des vaisseaux vivans, ou hors de ces conduits.

Tantôt, en effet, une substance qui n'exerce pas d'action sensible sur le sang tiré de la veine, provoque des changemens considérables dans celui qui circule. D'après Fontana, le venin de la Vipère n'influe pas sur la cohésion du sang hors du corps, ou tout au plus diminue sa coagulabilité, tandis qu'injecté dans les veines il en opère sur-le-champ la coagulation.

Tantôt, au contraire, les phénomènes auxquels une substance donne lieu hors du corps, ne se manifestent pas dans l'économie vivante, ou même y sont remplacés par un état inverse.

(1) *Physiologie des Blutes*, p. 317.

(2) Toxicologie générale, t. II, P. I, p. 273.

Les alcalis détruisent la coagulabilité du sang tiré de la veine ; mais, après l'infusion du sous-carbonate de potasse, le sang était coagulé dans les vaisseaux, d'après Haller (1); réduit en un caillot solide et moulé exactement sur les parois vasculaires, dans les veines caves et le cœur, et liquide seulement dans les ramifications veineuses, suivant Sprœgel (2); enfin, caillé en gros grumeaux dans l'intérieur des cavités du cœur, selon Orfila (3). Des caillots de sang ont été vus aussi, par Orfila (4) et Friend (5), dans l'oreillette pulmonaire et la veine cave inférieure, après une injection d'ammoniaque. La dissolution de sublimé corrosif détermine une forte coagulation du sang hors des vaisseaux ; mais, après l'avoir injectée dans les veines, Ettmuller (6) trouvait le sang très-liquide. Pommer a fait d'intéressantes observations sur l'acide oxalique (7) ; mêlé avec du sang récemment extrait de la veine, cet acide le rend d'un brun rougeâtre, l'épaissit un peu, et lui communique la propriété de rougir le tournesol ; injecté dans les veines, il cause la mort, en éteignant d'abord la respiration, puis les battemens du cœur; mais on ne trouve dans le sang ni aucun vestige d'acide, ni rien qui s'écarte de l'état ordinaire ; les vaisseaux, le cœur et les poumons ne présentent non plus ni traces d'inflammation, ni altération dans leur texture ou leur couleur. Si l'on a introduit l'acide oxalique dans le tissu cellulaire, dans la cavité abdominale ou dans l'estomac d'un animal vivant, on le retrouve dans les parties voisines et dans leur sang, à la vérité quelques heures seulement après la mort, et jamais on n'en aperçoit de traces ni dans le sang du cœur ni dans celui des veines.

Tous ces faits annoncent combien est grande la puissance que la vie exerce sur le sang. Ils prouvent qu'en vertu de

(1) *Opera minora*, t. I, p. 70.
(2) Scheel, *loc. cit.*, t. I, p. 258.
(3) Toxicologie générale, t. I, P. II, p. 154.
(4) *Ibid.*, p. 163.
(5) Scheel, *loc. cit.*, t. II, p. 42.
(6) *Ibid.*, t. I, p. 226.
(7) *Medicinisch-chirurgische Zeitung*, 1828, t. II, p. 203-255.

son conflit continuel avec ce liquide, la substance vivante des parties solides transforme et décompose les substances étrangères qu'on y introduit, de manière à empêcher qu'elles n'exercent sur lui leur action ordinaire, mais que, dans cette opération, la vie elle-même peut succomber aux atteintes qui lui sont portées.

FIN DU SIXIÈME VOLUME.

TABLE

DU SIXIÈME VOLUME.

FIN DE LA TABLE DU SIXIÈME VOLUME.